M. BOUSSINGAULT

AGRONOMIE
CHIMIE
AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE
4





AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE.



Paris. — Imprimerie de Gauthier-Villars, rue de Seine-Saint-Germain, 10.

AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

TOME QUATRIÈME.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE IMPÉRIALE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1868

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

SUR

LA NITRIÈRE DE TACUNGA,

DANS L'ÉTAT DE L'ÉQUATEUR.

Le salpêtre est très-répandu dans la nature; on le trouve dans la pluie, la neige, la grêle, la rosée, le brouillard, dans les eaux des fleuves, et conséquemment dans l'Océan. Il est engendré dans l'air et dans la terre. Lorsqu'un corps brûle au sein de l'atmosphère, il y a, le plus souvent, oxydation d'azote, apparition d'un composé nitré. Néanmoins, si le salpêtre est partout, c'est presque toujours en proportions minimes. Les localités où on le rencontre en abondance sont assez rares. Le seul gisement que par sa puissance l'on puisse comparer à un gîte minéral est celui de la province de Taracapa, au Pérou, à la limite australe du désert de Yatacama. Dans la Pampa del Tamaragual, à 1000 mètres au-dessus de l'océan Pacifique, le nitrate de soude constitue une agglomération compacte assez dure pour que l'exploitation ait lieu à la poudre. Le caliche, consistant en un assemblage de cristaux enchevêtrés dans

de l'argile sablonneuse, forme des couches de 2 ou 3 mètres d'épaisseur; c'est la seule mine de salpêtre que l'on connaisse; on en retire annuellement près de 1 000 000 de quintaux de nitrate de soude. Ailleurs, le salpêtre surgit spontanément dans des circonstances qui, toutes néanmoins, dénotent l'intervention plus ou moins directe des matières organiques. Sous les influences de la chaleur et de la sécheresse, le nitre couvre la surface du sol d'efflorescences. Il se développe, pousse, en présentant l'image d'une végétation rapide. Il y a quelques jours, la terre était noire, humide; aujourd'hui elle est sèche, blanche, pulvérulente; on la croirait couverte de neige. On enlève le salpêtre en balayant le terrain, et si les conditions météorologiques qui en ont déterminé l'apparition restent les mêmes, on ne tarde pas à voir poindre une nouvelle récolte. C'est ainsi que l'on se procure le salpêtre de houssage, du limon déposé par les inondations du Gange. C'est ainsi qu'en Espagne, dans les environs de Sarragossa, en Navarre; en Murcie, dans le royaume de Valencia, l'on obtient du nitrate de potasse en lessivant la superficie d'une terre végétale douée d'un haut degré de fertilité, et qui devient, à la volonté du propriétaire du sol, soit une nitrière productive, soit une riche culture de froment (1).

La lumière n'est pas indispensable à la formation du salpêtre. Le soleil agit principalement en échauffant, en séchant la terre. En effet, aux Indes orientales, on exploite des nitrières dans des cavernes dont les parois sont imprégnées de sel. Les matériaux, que l'on détache avec une hachette, sont soumis à la lessivation. Quelques mois après, les parois mises à nu sont salpêtrées de nouveau.

Dans ces conditions, le salpêtre, sans aucun doute, résulte des mêmes causes qui en assurent ailleurs la production en quantité beaucoup plus limitée, il est vrai : en plein

---

(1) Bowler.

jour, dans les champs cultivés et fumés; à l'ombre, dans les forêts; à l'obscurité, dans les caves et les celliers. C'est par la réunion de toutes les circonstances propices à la production, à la conservation du salpêtre, que le fond d'une vallée, une plaine, une excavation, devient une nitrière; dans tous les cas ce sont les mêmes agents qui interviennent : des matières organiques, l'humus; le même phénomène qui s'accomplit : la combustion lente déterminant, ainsi que cela arrive pendant la jachère, l'oxydation de l'azote appartenant à l'atmosphère.

Que le nitre naisse dans un milieu renfermant des matières organiques analogues au terreau, pourvu en un mot des principes que l'on rencontre dans la terre végétale, c'est ce qui paraît évident. Aucun sol au monde ne dépasse en fertilité les rives du Gange; les belles plantations de tabac de Mazulipatam sont dans de véritables nitrières, et il n'est pas sans exemple de voir la surface des feuilles et des tiges chargée de nitre (1). En Espagne, les terres dont on extrait du salpêtre, quand on ne les ensemence pas, sont nécessairement dotées de tous les agents de la fertilité. Enfin à Ceylan, les cavernes salpêtrées sont au-dessous des terrains boisés, et par cela même placées de manière à recevoir les infiltrations d'un sol forestier.

Un air sec, de longues périodes de jours sans pluie sont, je l'ai dit, les conditions indispensables à la formation et surtout à la conservation du salpêtre; on les rencontre dans l'Inde, en Espagne, au Pérou, où se trouvent les nitrières, les dépôts de nitrate les plus remarquables. Mais il est une autre condition, indépendante du climat, purement géologique, qui contribue singulièrement à la formation et surtout à la révélation d'une nitrière : c'est la présence dans le sol de débris, de détritus de roches cristallisées ayant le feldspath pour élément; c'est par l'apport de la potasse

(1) Lerot.

contenue dans cette espèce minérale qu'est constitué le nitrate de cette base alcaline, le salpêtre proprement dit, ayant assez peu d'affinité pour l'eau, et dont l'efflorescence est la manifestation la plus palpable de la nitrification. Un terrain profondément nitrifié, par cela seul qu'il ne renfermerait que des sels déliquescents tels que les nitrates de chaux et de magnésie, pourrait néanmoins passer inaperçu, et il ne faudrait rien moins que l'analyse chimique pour déceler la présence de ces sels qui ne s'effleurissent pas. Or toutes les nitrières naturelles connues jusqu'à présent sont pourvues de l'élément feldspathique; les alluvions du Gange comme les roches des cavernes de l'Inde, parmi lesquelles John Davy a signalé le gneiss, le granit, le micaschiste. Il en est encore ainsi de la nitrière de Tacunga dont le sol est un débris de trachytes, de tuf ponceux provenant des volcans de l'Équateur.

Tacunga, située par 1 degré de latitude australe, à une journée de marche de Quito, a été fondée en 1534 sur l'emplacement d'une cité indienne; j'ai trouvé son altitude de 2860 mètres; sa température moyenne, déduite d'observations faites dans le sol, de 15°,5. Les édifices, les maisons recouvertes en terrasses, sont construits avec de la pierre ponce tirée des belles carrières de San-Felipe. La ville est placée au milieu d'une plaine, entre deux rivières, l'Alaque et le Cutuchi, sur une pente douce s'élevant jusqu'au pied du Cotopaxi dont la cime, toujours couverte de neige, émet constamment de la fumée. A l'époque à laquelle je m'y trouvais, Tacunga rappelait le souvenir d'un affligeant spectacle. Des églises, des habitations dont les décombres amoncelés sur le sol attestaient l'ancienne splendeur, avaient été renversées comme si l'on eût fait jouer la mine dans leurs fondations; c'étaient encore là les effets de tremblements de terre successifs, dont les plus formidables s'étaient fait sentir en 1669 et en 1757, en occasionnant la mort de 12000 personnes. C'est qu'il faut bien des années,

dans l'Amérique du Sud, pour réparer ce qu'une violente trépidation détruit en quelques secondes. Le Cotopaxi est un dangereux voisin; non-seulement il ébranle la terre, mais il l'inonde pendant ses éruptions. En 1742, les eaux provenant de la fonte des neiges dévastèrent les environs de Tacunga, y compris le faubourg Caliento; mêmes désastres pendant les années 1744 et 1746, et telle fut leur abondance et leur impétuosité, qu'elles submergèrent la place principale (*plaza Mayor*) de la ville.

La terre de Tacunga, dans sa partie la plus ténue, est un sable formé de particules de trachyte, de ponce et d'une matière humique lui communiquant, quand elle est mouillée, une couleur d'un brun presque noir. La végétation y est assez inégalement répartie; il y a certains espaces frappés de stérilité par la surabondance du nitre. Une petite colline de tuf, le Calvario, a une teinte beaucoup moins foncée que le fond de la vallée. Après quelques jours sans pluie, les terres se couvrent d'une efflorescence blanche que l'on enlève lorsqu'on juge qu'elle a une épaisseur suffisante, et même sans se préoccuper de cette épaisseur si l'on craint le mauvais temps. Ces efflorescences se développent aussi sur la partie inférieure des murs des maisons (*tapias*) de Tacunga, construites en briques séchées au soleil (*adoves*). Les salpêtriers enlèvent de ces murs la couche extérieure pour en extraire le sel.

Le traitement des matériaux salpêtrés n'offre rien de particulier, si ce n'est la simplicité de l'établissement où on le pratique. On lessive la terre placée dans de grands vases en poterie de forme ovoïde. On évapore la dissolution dans une chaudière de cuivre jusqu'à ce que sa densité soit telle, qu'un œuf surnage sur le liquide, que l'on a soin d'écumer lorsqu'il entre en ébullition. Le salpêtre brut obtenu d'une première cristallisation est en petits prismes colorés en brun; il contient 60 pour 100 de nitrate de potasse. Les eaux mères renferment du sel marin, des nitrates de chaux

et de magnésie que l'on transforme en nitrate de potasse en faisant intervenir de la lessive de cendres de bois.

Le salpêtre purifié est employé dans la poudrière de Tacunga, établissement des plus primitifs. Lorsque je l'inspectais, le pulvérin était broyé à la molette. La plupart des malheureux Indiens condamnés à ce travail pénible portaient sur leur corps les traces de brûlures occasionnées par de trop fréquentes inflammations du mélange. La poudre est consommée dans le pays en fort grande quantité, parce que, dans toute l'Amérique espagnole, il n'est pas de cérémonie religieuse sans feu d'artifice; on tire des pétards à toutes les fêtes solennelles : aux baptêmes, aux mariages, aux enterrements. Les descendants dégénérés des Incas s'imaginent qu'un saint est d'autant plus satisfait que l'on brûle plus de poudre pour le fêter.

Le terrain de Tacunga se revêt d'efflorescences aussitôt que l'air devient sec. Alors le salpêtre grimpe, croît, pour me servir des expressions usitées par les Indiens ; après la récolte il en apparaît d'autre, si l'état de l'atmosphère continue à favoriser sa production et son ascension. Lorsque la couche superficielle effleurie est enlevée, il doit nécessairement rester dans le sol, jusqu'à une certaine profondeur, des nitrates tout formés ou en voie de formation ; c'est cette réserve qui, à un moment donné, constitue la véritable richesse de la nitrière. J'avais compris, il y a longtemps, l'intérêt qu'il y aurait à examiner la terre placée au-dessous des efflorescences, afin d'apprécier sa teneur en nitrates et de rechercher les substances pouvant, par leur nature, concourir à la nitrification.

Lorsque je résidais dans l'État de l'Équateur, je n'avais pas eu le loisir de me livrer à cette étude. Le salpêtre de Tacunga servait alors à fabriquer de la poudre destinée à un tout autre service que celui de l'église; et ceux qui la préparaient, comme ceux qui l'employaient, se préoccupaient assez peu de l'origine de son principal ingrédient ;

mais, récemment, j'ai été assez heureux pour me procurer deux échantillons de la terre de la nitrière par l'intermédiaire d'un élève sorti du laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, M. Cassola, appelé par le gouvernement équatorien à la chaire de Chimie du collége de San-Vincente. Ces échantillons avaient été prélevés sur un grand nombre de points, à partir de la surface jusqu'à $0^{m},1$ de profondeur, alors qu'il n'y avait plus d'efflorescences.

Le n° 1 représentait le sol de la pente du Calvario; le n° 2 provenait du bas des Tapias, murs de briques crues qui se nitrifient fortement. Les échantillons avaient été séchés au soleil avant d'être mis en flacon. Dans l'état où M. Cassola a remis les terres au Conservatoire, le n° 1 était d'un brun clair, le n° 2 d'un brun foncé.

Examinés à la loupe, les deux échantillons ont présenté les mêmes éléments : des grains arrondis de quartz transparent, de nombreux fragments de pierre ponce, les uns intacts, les autres altérés, ayant alors l'apparence, la consistance du kaolin; quelques lamelles de mica; des détritus végétaux, fibreux, bruns, plus ou moins modifiés, dont une partie ressemblait à de la tourbe; de rares cristaux de fer titané; de petits morceaux arrondis de trachytes; un peu d'argile jaunâtre. Ce mélange, doué d'une faible plasticité quand il était humide, offrait, en un mot, tous les caractères d'une terre végétale légère.

Des essais préliminaires ayant établi que ces terres renfermaient des substances organiques azotées, communiquant, comme les matières humiques, une couleur brune aux solutions alcalines, on en a dosé l'azote par la combustion effectuée par l'oxyde de cuivre; et pour connaître celui qui était réellement engagé dans les substances organiques, il a suffi d'en retrancher l'azote appartenant à l'acide nitrique et à l'ammoniaque, déterminé par des recherches spéciales.

Les analyses exécutées dans mon laboratoire ont donné

pour la composition des deux terres séchées au soleil :

	Terre du Calvario.	Terre des Tapias.
Azote engagé dans des substances organiques	0,243	0,213
Acide nitrique	0,975	0,618
Ammoniaque	0,010	0,004
Acide phosphorique	0,460	0,500
Chlore	0,395	0,475
Acide sulfurique	0,023	0,073
Acide carbonique	traces	traces
Potasse et soude	1,030	1,443
Chaux	1,256	1,904
Magnésie	0,875	0,675
Sesquioxyde de fer	2,450	0,450
Sable, débris de ponce, argile	83,195	84,448
Eau dosée	3,150	9,197
Substances organiques, azote déduit, et matières indéterminées (1)	5,938	
	100,000	100,000

Un décimètre cube de terre sèche de la nitrière a pesé 1200 grammes ; d'après cette densité, le décimètre cube de la terre du Calvario contiendrait :

Ammoniaque, 0,12 gr	= 0,112 gr	d'azote.
Acide nitrique, 11,70	= 3,033	»
Azote des substances organiques	= 2,916	»
Azote total	6,061	»
Acide nitrique exprimé en nitrate de potasse	21,89	

Dans le décimètre cube de la terre des Tapias, on aurait :

Ammoniaque, 0,048 gr	= 0,045 gr	d'azote.
Acide nitrique, 7,42	= 1,924	»
Azote des substances organiques	= 2,769	»
Azote total	4,738	»
Acide nitrique exprimé en nitrate de potasse	13,89	

(1) Déterminées par différence.

L'azote entrant dans les substances humiques doit être considéré comme une sorte de réserve pouvant donner lieu soit à une production d'acide nitrique, soit à une production d'ammoniaque, c'est-à-dire passer de l'état stable à l'état instable ou assimilable par les plantes.

Telle est la teneur de la terre de Tacunga en principes déjà nitrifiés ou nitrifiables, après que l'on a ramassé le salpêtre effleuri : ce sont autant de matériaux qui apparaîtront bientôt si la pluie n'intervient pas. Jusqu'à quelle profondeur la nitrière en est-elle pourvue? C'est ce que l'on ignore; toutefois, en se bornant à considérer la composition assignée par les analyses sur une épaisseur de $0^{m},1$, on en tire cette conséquence qu'après que les sels effleuris ont été enlevés, un hectare de terrain renfermerait encore, à l'état latent, dans cette faible épaisseur de $0^{m},1$:

La terre du Calvario :

	kil.
En nitrates de différentes bases équivalant à nitrate de potasse	21890
En acide nitrique	11700
En ammoniaque toute formée	112
En azote de toute provenance	6061

La terre de las Tapias :

	kil.
Nitrates de différentes bases exprimés en nitrate de potasse	13890
Acide nitrique	7420
Ammoniaque toute formée	48
Azote de toute provenance	2769

Sans attacher trop d'importance à ces nombres, on est obligé d'admettre que la nitrière est dotée d'une bien grande somme d'éléments nitrifiés ou nitrifiables, et il faut nécessairement qu'il en soit ainsi pour fournir des quantités de salpêtre aussi considérables que celles que l'on en extrait incessamment.

Ces recherches révèlent une curieuse analogie entre la

constitution du sol de la nitrière de Tacunga et celle des meilleurs terrains cultivés, et même celle du terreau, de tous les engrais le plus généralement efficace. De part et d'autre, l'analyse signale la présence de substances considérées avec raison comme de puissants agents de fertilité : l'acide nitrique, l'ammoniaque, des matières humiques azotées et transformables ; enfin de l'acide phosphorique constituant des phosphates. En effet, dans 1 kilogramme de matière séchée à l'air, on a trouvé :

	Terre de la nitrière		Terreau des	Terre d'un
	Calvario.	Tapias.	maraîchers.	potager.
Azote uni à des matières organiques..	gr 2,43	gr 2,13	gr 10,50	gr 2,59
Nitates exprimés en nitrate de potasse...	17,88	11,57	1,07	0,95
Ammoniaque.......	0,10	0,04	0,12	0,02
Acide phosphorique..	4,60	5,00	12,80	3,12

La terre de la nitrière est bien plus riche en principes fertilisants que la terre toujours si fortement fumée d'un potager ; et si, ce qu'explique son origine comme sa préparation, le terreau des jardiniers renferme plus de substances organiques azotées, il ne contient pas, à beaucoup près, autant de nitrates.

L'apparition spontanée du salpêtre dans une nitrière naturelle est donc due à un ensemble de circonstances parmi lesquelles figure en première ligne la fertilité du sol ; si, dans certaines vallées, sur certains plateaux élevés des Andes équatoriales, la nitrification n'est pas toujours assez intense pour donner lieu à une exploitation, la fécondité du sol se ressent néanmoins des causes qui la déterminent. Nulle part on ne voit de plus beaux champs de luzerne (*alfalfa*) que dans les environs de Tacunga. Les plantureux herbages de Puela, où l'on engraisse le gros bétail, ceux d'Angamarca couverts de troupeaux de la race ovine, sont

encore placés sur ces terrains privilégiés. Plus au nord, c'est-à-dire presque sous la ligne équinoxiale, l'aspect de la contrée change singulièrement. Déjà, près de Santa-Rosa, la végétation est réduite à de rares aloès, à des agaves, à des cactus épineux disséminés dans le désert du Guachi. Plus loin, on entre dans la plaine aride de Tapia, base du Chimborazo. C'est cependant la continuation de l'esplanade de Tacunga que limitent deux ramifications des Andes, et dont l'altitude se maintient à 2800 et 3000 mètres. C'est le même terrain : du trachyte, de la ponce désagrégés comblant et nivelant les anfractuosités du sol volcanique si tourmenté de l'Équateur ; mais l'humus manque et le salpêtre ne surgit plus.

Il y a, on le voit, dans cette localité, une connexité réelle entre la fertilité et la nitrification. Cela est évident pour la nitrière de Tacunga comme pour les champs salpêtrés de l'Espagne, d'où l'on retire du nitre ou du froment ; comme pour les rives du Gange, qui produisent le salpêtre de houssage à côté des plus belles plantations de tabac, de maïs et d'indigo. De même que dans la terre labourée de nos régions septentrionales, l'acide nitrique est formé graduellement pendant la combustion lente, invisible, de la matière organique. En 1852, j'ai pu suivre jour par jour ce phénomène sur de la terre du potager du Liebfrauenberg (1).

Dans les nitrières naturelles, la formation du salpêtre est le plus ordinairement intermittente ; la sécheresse la favorise quand elle ne pénètre pas trop avant dans le sol ; une forte humidité lui est nuisible ; une pluie abondante, persistante, déplace ou entraîne le salpêtre déjà formé. C'est ce qui arrive à Tacunga, où la saison pluvieuse (*invierno*) se prolonge depuis décembre jusqu'en mai ; les pluies sont si

---

(1) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édition, t. II, p. 10.

fréquentes, pendant ce dernier mois, que son abondance justifie pleinement le dicton espagnol : « *En mayo hasta el sayo.* » Mais la saison sèche (*verano*) est souvent interrompue par les orages de l'équinoxe de septembre ; la durée de la nitrification est donc, par le fait, assez restreinte à Tacunga ; sans ces alternatives, elle serait continue. Le salpêtre, si l'on ne le récoltait pas, s'accumulerait à la surface du terrain, et si, au lieu des pluies persistantes de l'*invierno*, des pluies intermittentes du *verano*, il n'y avait d'autre humidité que celle provenant de la vapeur aqueuse contenue dans l'air, s'il n'y avait que des brouillards, de la rosée, les effets qui se manifesteraient sont faciles à prévoir. Les sels déliquescents seuls seraient absorbés ; il ne resterait à la superficie et à quelque profondeur du sol que des sels ayant assez peu d'affinité pour l'eau, tels que les nitrates de potasse et de soude, les chlorures de sodium. A la suite des siècles, le salpêtre s'accumulerait en cristaux répandus dans le sable, dans l'argile, ou agglomérés de manière à constituer des bancs plus ou moins puissants ; en un mot, le salpêtre, par cela seul qu'il aurait été préservé de l'action destructive ou dissolvante de l'eau, finirait par former un gisement important.

C'est vraisemblablement à des circonstances semblables à celles que je viens de supposer qu'est due l'accumulation de ces prodigieuses quantités de nitrate de soude exploitées aujourd'hui à Taracapa, après être restées intactes pendant des milliers d'années. On croit avoir remarqué qu'après un certain laps de temps le nitrate reparaît là où on l'avait enlevé. Si le fait était bien constaté, il faudrait en conclure que l'action nitrifiante n'est pas anéantie, que les matériaux de la nitrification ne sont pas épuisés. Quoi qu'il en soit, la cause de la conservation du salpêtre du Pérou est incontestable : c'est l'absence des eaux météoriques qui, dans la plupart des nitrières, limite la production comme la conservation des nitrates. Dans la province de Taracapa, ainsi

que dans le désert de Yatacama, il ne pleut jamais; la seule humidité qu'on y connaisse est la *garua*, brouillard assez dense pour cacher le disque du soleil et qui s'élève chaque jour pendant plusieurs mois, lorsque cesse le vent du sud, le grand dessiccateur de la côte péruvienne. Cette *garua*, sans jamais imbiber complétement la terre, l'humecte assez cependant pour la rendre productive sur plusieurs points du littoral, en suppléant à la pluie inconnue dans ces régions; la *garua* peut mouiller un terrain salpêtré sans y introduire assez d'eau pour entraîner les sels solubles.

L'origine de l'acide nitrique dans les nitrières naturelles analogues à celle de Tacunga réside, j'en suis persuadé, dans la combustion lente des matières organiques azotées associées à l'humus, aux acides bruns des terres fertiles, origine bien différente de celle de l'acide nitrique engendré dans l'atmosphère, qui est aussi une immense nitrière, par le feu électrique, par l'action mystérieuse de l'ozone, déterminant l'un et l'autre la combinaison directe de l'azote avec l'oxygène.

Je terminerai ce Mémoire par quelques extraits d'une lettre que m'a adressée M. Chabrier, Chef d'escadron d'artillerie en résidence à Constantine, sur les nitrières de l'Algérie. Dans la description des matériaux salpêtrés de Biskra, on lit « qu'on aperçoit au microscope des parcelles noires ou brunes que M. Millon, qui les a aperçues le premier, a reconnues être des produits humiques, auxquels il attribue, dans la nitrification, le rôle du combustible déterminant par entraînement l'oxydation de l'azote des matières organiques. » C'est là une heureuse coïncidence avec ma manière de voir, car M. Millon ne connaissait pas plus les travaux auxquels je me suis livré pendant plusieurs années que je ne connaissais les siens.

Extrait de la lettre de M. le Chef d'escadron Chabrier, en date du 20 novembre 1863.

Le nitre exploité en Algérie, particulièrement dans les environs de Biskra, se trouve en quelque sorte enfoui dans des amas de terre qui ont tous pour origine d'anciens villages bâtis en briques crues. Ces villages, détruits ou abandonnés à des époques plus ou moins anciennes, forment par leurs débris accumulés ces monticules que l'on aperçoit de distance en distance dans les vastes plaines du Sahara. Pendant toute la durée de l'existence de ces villages, les maisons grossièrement construites s'écroulent successivement; les débris de la partie supérieure de chacune de ces constructions en ruine enfouissent les parties inférieures restées debout. Plus tard, d'autres bâtiments s'élèvent par-dessus les premiers, et le sol s'exhausse ainsi peu à peu. Les fouilles exécutées dans ces massifs abandonnés font invariablement découvrir des bases de murs groupés suivant le plan des îlots de maisons auxquels ils ont appartenu et dans lesquels l'habitation de l'homme, et la stabulation complétement habituelle dans la vie arabe, ont déposé les matières organiques qui alimentent plus tard la nitrification.

Ces matériaux salpêtrés conservent l'aspect des terres argileuses qui ont servi dans l'origine à leur confection; seulement ils présentent d'ordinaire une nuance un peu plus foncée, leur compacité est moins grande, et l'on y rencontre facilement, en les examinant de près, la présence des matières salines dont ils sont imprégnés. La saveur âcre des chlorures qu'ils contiennent dissimule le plus souvent celle du nitre; vus au microscope, ils laissent apercevoir, en assez grande quantité, des parcelles noires ou brunes.

En pratiquant des tranchées dans les amas de terre dont je viens de parler, on y rencontre souvent des couches de cendres charbonneuses, vestiges des foyers d'anciennes habitations, et surtout les produits de la décomposition lente des troncs de palmier qui en formaient la charpente, offrant habituellement, sous l'état d'une poussière brune très-fine, l'apparence du café maure ou du tabac d'Espagne. Cette poussière est en amas dans l'endroit même où a été enseveli le bois de palmier dont elle occupe la place. Les matières humiques proviennent de ces deux sources.

On se borne, dans la plupart des cas, à enlever à la pioche, sur une profondeur de 10 à 15 centimètres, la surface des monticules, en attendant, pour revenir au même endroit, que quelques jours se soient écoulés. Dans certaines localités, comme Biskra, où la masse exploitée est très-considérable et par cela même peu homogène, on s'exposerait, en procédant comme je viens de le dire, à tomber sur des parties dépourvues de nitre; on pratique alors des tranchées à l'aide desquelles on découvre les murs enfouis, et l'on évite les terrains vagues restés en dehors des habitations.

La composition de ces matériaux hétérogènes ne me permet pas de présenter ici le tableau des analyses nombreuses qui en ont été faites; malgré la concordance de la plupart d'entre elles pour chaque échantillon, les résultats varient tellement de l'un à l'autre pour une même provenance, qu'on ne saurait rien en conclure de précis. On pourrait tout au plus constater d'une manière assez générale que la quantité d'acide nitrique produit augmente avec la proportion de chaux qu'ils contiennent, et semble diminuer avec la quantité de magnésie. La teneur des matériaux salpêtrés en alcali influe aussi, comme on devait le prévoir, d'une manière favorable sur la proportion de nitre que les matériaux renferment.

En résumant les circonstances caractéristiques de cette première série d'observations, on voit :

1° Que le nitre est toujours associé à des substances organiques azotées décomposées ;

2° Que les matériaux sur lesquels ces observations ont porté sont tous, soit à l'état sec, soit avec un faible degré d'humidité, doués d'une certaine porosité ;

3° Que tous sont en grande partie formés d'argile possédant la double propriété de retenir les matières organiques, azotées ou non, et d'agir sur les éléments de l'acide nitrique ;

4° Que presque tous ces matériaux contiennent, quoique avec des degrés de diffusion très-inégaux, des substances noires douées de certaines propriétés communes, mais qui, n'ayant pas toutes la même origine, n'ont pas non plus probablement la même composition.

Le nitre se rencontre encore en Algérie dans les grottes où les troupeaux reçoivent un abri pendant l'hiver et qui servaient autrefois de refuge aux populations pendant la guerre. Le sol de ces grottes est formé de matières organiques desséchées dont les parcelles les plus ténues, soulevées par les mouvements de leurs habitants et par l'agitation de l'air, se déposent dans les anfractuosités des rochers sous forme de poussières humides et salines toujours imprégnées d'un peu de nitre. A la longue, la nitrification pénètre à des profondeurs variables, mais toujours limitées à quelques centimètres, les surfaces calcaires plus ou moins poreuses sur lesquelles ces poussières se déposent. D'autres cavités rocheuses, d'un abord plus difficile ou d'une habitation moins commode, donnent asile à des oiseaux dont les excréments desséchés produisent les mêmes effets. C'est sans doute à des causes de ce genre, mais probablement plus

favorables, qu'est due la production du nitre dans les grottes de l'île de Ceylan.

C'est ici la place de noter un fait isolé, mais qui présente un certain intérêt au point de vue de l'étude de la nitrification.

Au sud de Constantine, sur le revers opposé du ravin profond qui entoure la ville, s'élève Mansourah, haute colline formée de marnes schisteuses que surmonte une couche épaisse de travertin poreux, sur le pourtour de laquelle sont creusées des grottes de profondeurs très-inégales, les unes orientées au nord, les autres vers l'est et le sud-est. Les parois de l'une de ces dernières sont constamment tapissées d'une mince croûte saline ayant pour composition moyenne :

Nitrate de potasse..............	86,00
Nitrate de chaux et de magnésie. .	3,00
Chlorure de sodium............	6,00
Eau........................	3,50
Matières solides et extractives	1,50
Total.......	100,00

Lorsque cette couche saline a été enlevée, on la voit se reproduire au bout de quelques semaines, surtout dans les saisons tempérées.

Pendant les pluies d'hiver, au moment de la fonte des neiges, le plafond de cette grotte, dont l'extrados est en partie découvert, laisse suinter de l'eau ; le nitre qui en tapissait la voûte est dissous et entraîné sur les surfaces inférieures où il reparaît en efflorescences.

J'ai dit qu'une partie de l'extrados de cette voûte naturelle est à découvert ; j'ajouterai que la partie postérieure est abritée par un encorbellement qui forme, au-dessus et un peu en arrière de la grotte que je viens de décrire, une sorte d'étage supérieur fréquenté quelquefois en hiver par les troupeaux, à cause de l'horizontalité du sol. Il est fort

probable que la nitrification des parois de la grotte inférieure est due à la filtration lente des liquides, qui entraînent à travers les masses poreuses dans lesquelles la grotte est creusée les substances organiques azotées déposées à l'étage supérieur.

SUR

LA COMPOSITION DU PULQUE,

BOISSON FERMENTÉE PRÉPARÉE AVEC LA SÈVE DU MAGUEY

(*Agave americana*).

Les peuples parvenus à un certain degré de civilisation tirent généralement leurs boissons enivrantes de plantes alimentaires : du riz en Asie ; de l'igname, de la banane, en Afrique ; des céréales dans le nord de l'Europe. Seule, la vigne est surtout cultivée pour en obtenir du vin. Ce qui a lieu pour l'ancien monde, on le retrouve dans le nouveau continent. Lors de la découverte de l'Amérique, la yuca (*Jatropha manihoc*), le maïs, bases essentielles de la nourriture des habitants de la zone équinoxiale, servaient aussi à préparer des liqueurs spiritueuses : le guarapo de manioc dans les régions chaudes ; la chicha dans les Cordillères du Pérou et de Cundinamarca. Un seul végétal était alors cultivé uniquement pour en faire une boisson fermentée : c'était le *maguey* ou *melt*, dont les plantations s'étendaient aussi loin que la langue aztèque.

Le maguey, variété de l'*Agave americana*, de la famille des Broméliacées, se plaît sur les plateaux tempérés de l'Amérique équatoriale, bien qu'on le rencontre dans une zone verticale comprise entre le niveau de l'Océan et 2500 mètres d'altitude, limite extrême où la situation climatérique est telle, que le froment, le maïs et les pommes de terre ne la supporteraient pas : des sécheresses prolongées, une température s'abaissant fréquemment au-dessous

2.

de zéro ; de la neige, de la grêle tombant par rafales, des vents impétueux qui se font sentir périodiquement sur toutes les stations élevées des Andes. C'est que l'agave possède des feuilles roides, charnues, lancéolées, creusées en gouttière, de 5 décimètres à 2 mètres de longueur, de 15 à 20 centimètres de largeur, de 5 à 10 centimètres d'épaisseur au point d'attache ; elles sont bordées de dents épineuses terminées par une pointe très-aiguë, ayant l'aspect et la dureté de la corne. Ces feuilles partent toutes du collet de la racine, sorte de tige solidement implantée dans le sol. Il y a là, on le voit, des conditions de stabilité que l'on ne rencontre réunies que sur un nombre fort limité d'espèces végétales. Le parenchyme charnu tient d'ailleurs assez d'eau en réserve pour que l'agave résiste, sans trop souffrir, dans une atmosphère privée d'humidité. C'est au reste une faculté propre à toutes les plantes grasses, de restreindre, ou même de suspendre leur vitalité pendant un temps considérable, quand cessent d'agir les agents extérieurs qui la déterminent et la favorisent. Aussi prennent-elles possession de la terre dans des localités où aucun autre végétal ne pourrait exister. Dans les plaines de sable que l'on traverse en allant du Chimborazo à Quito, les agaves, les cactus à cochenille, les aloès aux teintes bleuâtres impriment, par leur isolement et leur uniformité, un aspect singulièrement monotone à ces solitudes. La vue ne se repose plus sur ces plantes sociales si communes entre les tropiques, groupées en familles aussi nombreuses que variées, constituant ce monde végétal qui, suivant l'expression de Humboldt, agit si puissamment sur notre imagination « par son immobilité et sa grandeur ».

Dans les belles cultures de la vallée de Toluca, dans les plaines de Cholula, on estime qu'un hectare de terrain entièrement occupé, porte environ 4000 pieds de maguey (1),

---

(1) Humboldt ; 1200 à 1300 pieds par arpent.

avec les réserves faites pour les chemins. Les plants sont ainsi espacés à $1^{m},5$. On met en terre les drageons qui naissent en grand nombre au collet de la racine de la plante mère; on les arrache pour les transplanter quand ils ont atteint l'âge d'un à deux ans. La transplantation a lieu, en terre froide comme en terre tempérée, depuis le commencement de janvier jusqu'à la fin de mars. Lorsque l'on commence une plantation, les drageons sont d'abord placés à une grande distance les uns des autres; quelquefois l'espace qui les sépare est de 16 mètres : il en résulte des surfaces libres assez étendues pour qu'un attelage de deux bœufs puisse labourer le sol sur lequel on sème, quand le climat le permet, du maïs, des haricots, des pois, des fèves. Ce sont des récoltes que l'on *dérobe*, en attendant que le maguey ayant pris du développement, on comble les lacunes en y introduisant de nouveaux drageons; car, pour assurer le roulement, la récolte du pulque ne devant avoir lieu que sur le cinquième, le huitième ou le seizième de la culture, suivant la fertilité du sol et les conditions climatériques, il faut par conséquent que les plantations successives aient lieu dans les mêmes rapports. Dans un bon terrain l'agave tend à fleurir à l'âge de cinq à six ans; cependant c'est là une exception; dans une terre maigre, dans une région froide, l'indice de la floraison ne se manifeste quelquefois qu'au bout de dix-huit ans; le plus ordinairement il faut attendre pendant treize à quatorze ans. Humboldt fait observer qu'un propriétaire, en plantant 30000 à 40000 magueys, est certainement sûr de fonder la richesse de ses enfants, mais il ajoute qu'il faut de la patience et du courage pour s'adonner à une culture dont le produit se fait attendre pendant un temps aussi long. Dans les terrains arénacés des *pampas*, où le maguey croît spontanément, la floraison n'a lieu qu'à de bien plus longs intervalles, tous les vingt à vingt-cinq ans. Alors son développement est colossal, la plante est le centre d'un cercle ayant

14 à 15 mètres de circonférence. Partout, au reste, les phénomènes qui précèdent ou accompagnent la maturité sont des plus intéressants.

Les feuilles radicales, amples, coriaces, épineuses, après être restées, pendant des années, penchées vers la terre, se redressent en se rapprochant du bourgeon conique partant du milieu des feuilles centrales, comme pour le couvrir, le protéger. Il y a là un mouvement graduel très-apparent qui semble obéir à une volonté. C'est un curieux spectacle que de voir s'animer un végétal auquel l'épaisseur comme la rigidité de ses organes aériens donnent une telle fixité, que le vent de la pampa l'agite à peine, alors même qu'il souffle avec le plus de force. Le bourgeon, qui est un poinçon formidable, s'allonge avec une étonnante rapidité ; bientôt il forme une hampe ligneuse, revêtue d'écailles imbriquées que termine une grappe florale. On peut affirmer, sans la moindre exagération, que l'on voit pousser cette tige; cela n'a rien de surprenant, puisque, en moins de deux mois, avec un diamètre de 2 décimètres à la base, elle atteint une hauteur de 5 à 6 mètres. C'est un accroissement moyen de 9 centimètres par jour, de 4 millimètres par heure. L'*Agave cubensis* a une croissance plus rapide encore. Dans les environs de Tocuyo, en Venezuela, j'ai vu ce maguey porter dans le même espace de temps des hampes couvertes de fleurs de 12 à 15 mètres de hauteur, ce qui donne un développement moyen de 20 à 25 centimètres par jour : la hampe est partagée, à son sommet, en plusieurs rameaux portant un assemblage compact de fleurs que l'on estime à 4000 à 5000.

L'agave a dépensé, pour accomplir cette évolution, ce que son organisme avait élaboré pendant des années ; il est épuisé, il meurt ; seuls les drageons qui garnissent sa racine lui survivent pour le régénérer.

Dans les plantations, on s'oppose à la floraison. Tout ce que la nature destinait à produire la hampe, les fleurs,

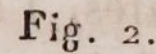
les fruits, doit devenir la boisson favorite des Mexicains, le pulque. La plante, jusque-là laissée à elle-même, comme l'arbre dans la forêt, est, lorsqu'elle va fleurir, l'objet d'une vigilance de tous les instants. L'Indien, avec la patience qui caractérise sa race, guette l'apparition des indices précurseurs du moment où la hampe va s'élancer : le redressement des feuilles radicales, l'allongement des feuilles centrales, l'affaiblissement de leur teinte, le ramollissement de leurs extrémités, en un mot le port, la physionomie du végétal. Incessamment il parcourt la plantation, marquant d'un signe les pieds destinés à fleurir. C'est alors que l'on prépare la récolte de la séve, nommée *aguamiel* à cause de sa saveur fortement sucrée.

Le bourgeon présente alors l'aspect d'un cône à la pointe acérée, dont la base a 50 à 55 centimètres de diamètre. Pénétrer jusqu'à lui n'est pas sans quelque danger, défendu qu'il est par des feuilles garnies sur leurs deux côtés d'épines crochues, agissant sur la peau comme des hameçons. Après avoir pratiqué une trouée à l'aide d'un coutelas (*machete*), en évitant le contact d'une matière visqueuse extrêmement caustique, suintant des coupures pratiquées sur les feuilles, l'Indien abat le bourgeon destiné à devenir le pédoncule de la fleur. L'attaque d'un maguey est terminée en quelques minutes, y compris le temps nécessaire pour meurtrir la section mise à nu, en la frappant avec une batte en bois dur. La mutilation opérée, il en résulte une plaie qui bientôt se cicatrise en se couvrant d'une épaisse croûte noire. Huit ou dix mois, quelquefois un an après, la cicatrice est

Fig. 1.



enlevée avec un instrument en fer, le raspador (*fig.* 1), et, à l'aide d'une cuiller à bords tranchants, on pratique dans le cœur du maguey une excavation cylindrique ayant 15 à 20 centimètres de diamètre sur une profondeur de 12 à 15 centimètres. C'est dans cette cavité que se rassemble la séve élaborée; on la retire deux à trois fois par jour suivant





son abondance, au moyen de l'*acocote* (*fig.* 2). C'est une sorte de pipette formée par une calebasse allongée portant ajustés à chacune de ses extrémités deux bouts de corne percés, l'un que l'on plonge avec la calebasse dans le liquide, l'autre que l'on met dans la bouche et servant à l'aspiration. L'Indien passe d'un maguey à l'autre, en posant le doigt sur l'ouverture inférieure de l'acocote dont la capacité est de 8 à 10 litres, et quand il l'a remplie, il en verse le contenu dans un broc, dans une cruche en terre que l'on vide ensuite dans des outres en peau de mouton portées par un âne. Le *tlachiquero* conduit alors la charge d'*aguamiel* à l'hacienda où la fermentation doit avoir lieu dans le tinajal.

Après l'enlèvement de l'aguamiel, on a soin d'aviver la plaie en raclant les parois de l'excavation pour détacher les bords affaissés des vaisseaux séveux, pour en empêcher la cicatrisation qui atténuerait l'écoulement du liquide sucré. Selon la vigueur de la plante, un maguey fournit, en moyenne, 1 à 10 litres d'aguamiel par jour, pendant trois,

quatre et même six mois. Ainsi, dans les environs de Cholula, où entre Toluca et Cacanumucan, la maturité de l'agave est accomplie en huit ans, un pied fournit communément 4 litres de séve toutes les vingt-quatre heures durant trois mois. Un plant très-vigoureux en donne $7^{lit},5$ dans le même espace de temps, et l'émission ne cesse qu'après cinq mois; soit, en totalité, 959 litres de séve, presque 1 mètre cube (1).

C'est là un des rendements les plus forts que l'on ait signalés. Dans les mauvais terrains, un maguey ne rend guère au delà de 112 litres. Ce chiffre se rapproche de celui indiqué par M. Dreyer, pharmacien-major de l'armée d'occupation : un plant émettrait chaque jour, pendant trois mois, 1 à 2 litres d'aguamiel; soit, en tout, 136 litres. On peut d'ailleurs juger du mouvement plus ou moins lent de la séve exsudée par la quantité d'aguamiel que l'on retire aux différentes époques de la journée. Si, par exemple, un pied en donne 4 litres en vingt-quatre heures, on en obtiendra $1^{lit},50$ au lever du soleil, 1 litre à midi et encore $1^{lit},50$ à 6 heures du soir. L'excavation vidée avec l'acocote est fermée, soit en rapprochant les feuilles latérales que l'on relève et que l'on maintient rapprochées en les liant aux extrémités, soit en couvrant la cavité par une pierre plate; cette précaution est surtout nécessaire pour empêcher les animaux, particulièrement les chiens et les porcs, de boire l'aguamiel.

Dans une hacienda de quelque importance, le travail du tlachiquero s'exerce sur une centaine de magueys. L'extraction de l'aguamiel, dont l'émission continue pendant quatre ou six mois, suivant le soin qu'on aura mis à aviver la plaie pratiquée au centre de la plante; l'arrachement des plants épuisés, leur remplacement par des drageons, la mutilation des agaves parvenus à la maturité, l'ouverture de

(1) Humboldt.

nouvelles sources de séve sur les plans mutilés depuis plusieurs mois, suffisent pour l'occuper du matin au soir. En cinq heures, un tlachiquero retire avec l'acocote 180 à 200 litres d'aguamiel qu'il transporte au tinajal.

Si les différences considérables que l'on constate dans les récoltes de la séve sucrée dépendent de la situation occupée par la culture, de la nature, de la fertilité du sol, de l'appréciation si délicate du moment où il faut procéder à la mutilation du bourgeon d'où devait sortir la hampe florale ; ces différences proviennent aussi des variétés d'agave cultivées, variétés assez nombreuses pour qu'aujourd'hui on en signale déjà plus de trente dont les caractères spécifiques sont aussi difficiles à saisir que ceux des divers cépages de la vigne.

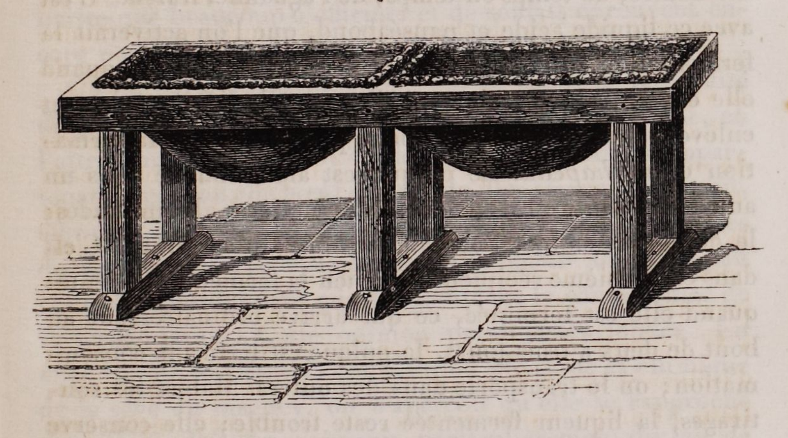
La précocité de ce que l'on peut appeler la maturation du maguey, c'est-à-dire l'époque à laquelle on doit procéder à la mutilation pour assurer plus tard l'extraction de la séve, est liée certainement à la richesse de la terre ; quelquefois aussi aux arrosements que l'on donne dans de rares localités, mais il est certain qu'elle est surtout subordonnée à la douceur du climat. Rien, en effet, n'exerce autant d'influence sur la floraison des agaves que la température. Dans l'Europe septentrionale, où le maguey végète avec force lorsqu'on l'abrite pendant l'hiver, il mûrit si rarement qu'il en est résulté cette croyance populaire que l'apparition des fleurs n'a lieu qu'une fois par siècle. Dans la province d'Oaxaca, au Mexique, à 3000 mètres d'altitude, par conséquent dans une région froide (*tierra fria*), le *Furcræa longæva*, atteignant 13 à 14 mètres de hauteur, portant des feuilles de 2 à 3 mètres, n'émettrait sa hampe, terminée par de belles grappes de fleurs jaunes, que tous les trois cents ans, si l'on s'en rapporte à l'affirmation des Indiens.

La séve de l'agave, l'aguamiel, possède une saveur aigre-douce assez agréable ; elle est sans odeur, légèrement opalescente, assez mucilagineuse pour mousser par l'agita-

tion ; l'ébullition y détermine une coagulation d'albumine. M. Dreyer, en évaporant 1 litre de séve immédiatement après sa sortie de l'acocote, a obtenu un résidu qui, séché à 110 degrés, a pesé 76 grammes.

L'aguamiel arrivée à l'hacienda est versée dans les *tinajas*, ce sont des bâches en peaux de bœuf : sortes de poches solidement attachées par des ligatures à des cadres en charpente supportés par des montants dont la base est scellée dans une maçonnerie (*fig.* 3). Ces tinajas sont en réalité

Fig. 3.



des outres ouvertes ayant une section de $1^{m},50$; leur plus grande profondeur ne dépasse pas 50 centimètres ; elles sont rangées à la suite l'une de l'autre ; leur nombre dépend de la masse de suc sur laquelle on agit. Le tinajal où elles sont établies est généralement attenant aux bâtiments de l'hacienda. A Cerro-Gordo, il a 40 mètres de longueur, 12 mètres de largeur et 6 mètres de hauteur ; il porte douze baies fermées par des persiennes horizontales dont les larges palettes en maçonnerie assurent une ventilation permanente. Ces baies, peu éloignées du plafond, mesurent environ $2^{m},30$ horizontalement et $1^{m},50$ verticalement ;

elles ont sept montants obliques, formant, comme on vient de le dire, une forte persienne dans toute l'épaisseur du mur; on l'obstrue seulement dans la saison où le froid est assez vif, parce qu'il importe que la température du tinajal ne descende pas au-dessous de 6 à 8 degrés centésimaux (1). La fermentation tumultueuse que l'on accélère quelquefois par l'addition de ferment est généralement terminée en trois jours. D'après M. Méhédin, le ferment se préparerait en mettant de l'aguamiel dans une tinaja couverte où on le laisserait pendant une quinzaine de jours, en ayant soin d'y introduire, de temps en temps, de l'aguamiel fraîche. C'est avec ce liquide acide et nauséabond, que l'on activerait la fermentation, qui d'ailleurs est consécutive, puisque, quand elle est en train, on ajoute de l'aguamiel. Les écumes sont enlevées avec une sébile en bois, pour empêcher la formation d'un *chapeau*. Le pulque est alors soutiré dans un autre récipient, où il se dépose des matières albuminoïdes; le dépôt rassemblé, l'on fait un nouveau soutirage. C'est dans ce troisième récipient qu'a lieu la fermentation lente; quand elle est terminée, ce qui arrive ordinairement au bout de deux à trois jours, le pulque est livré à la consommation; on le transporte dans des outres. Malgré les soutirages, la liqueur fermentée reste trouble; elle conserve son apparence laiteuse, elle ressemble à du petit-lait mal édulcoré.

On distingue le pulque *dulce* du pulque *fuerte*. Le premier, comme sa saveur l'indique, renferme du sucre non transformé, il rappelle le cidre nouveau; le second ne contient plus de matière sucrée; il est âpre au goût, plus alcoolique, plus enivrant : par cela même il plaît davantage; dans les deux cas, il a une odeur de viande pourrie fort appréciée par la population indienne, et évidemment développée pendant la fermentation, puisque le moût de

(1) Méhédin.

l'agave est inodore. Les Européens eux-mêmes, lorsqu'ils sont parvenus à vaincre le dégoût qu'inspire naturellement cette odeur fétide, préfèrent le pulque au vin ; ils le considèrent comme stomachique, fortifiant, diurétique et surtout comme très-nourrissant. Nourrissant, cela se conçoit : j'ai souvent entendu les Indiens de Bogota attribuer la même propriété à la chicha de maïs; c'est qu'en prenant ces liquides fermentés, épais, visqueux, on boit et l'on mange à la fois. C'est, au reste, une affaire d'habitude, et M. Dreyer rapporte que l'usage du pulque s'est introduit assez promptement dans l'armée française, bien qu'il reconnaisse que beaucoup d'officiers et de soldats éprouvent encore pour cette boisson une répulsion insurmontable.

On est partagé, au Mexique, sur la cause de la fétidité du pulque; les uns la considèrent comme accidentelle, en l'attribuant à l'intervention de la matière animale appartenant aux peaux de bœuf dans lesquelles séjourne le moût, affirmant que l'*aguamiel*, mise à fermenter dans des vases de terre, ne contracte pas de mauvaise odeur; les autres, au contraire, soutiennent que la fétidité est la conséquence de la fermentation. Cette opinion paraît assez fondée. En effet, si l'on envisage la constitution physique et chimique de la séve du maguey, on s'aperçoit qu'elle se rapproche de celle du lait des animaux, particulièrement du lait de jument dans lequel il n'y a que fort peu de globules de beurre. De part et d'autre, on a en dissolution ou en suspension un glucoside, de l'albumine, de la matière caséeuse; c'est la même couleur, la même opacité. La comparaison d'un suc végétal au lait d'un mammifère est bien permise aujourd'hui, quand on sait que les animaux assimilent, en les modifiant à peine, les matériaux tout formés dans les fourrages dont ils se nourrissent. Or il y a une ressemblance frappante entre le pulque venant de la séve lactescente du maguey et le *koumiss* que les Kalmuks préparent en faisant fermenter le lait, soit pour le boire comme

liqueur vineuse, soit pour en extraire de l'alcool en le distillant. Les deux boissons ont le même aspect, la même saveur, à très-peu près la même odeur. C'est que, suivant la température à laquelle s'accomplit la fermentation d'un glucoside en contact avec de l'albumine et de la matière caséeuse, on obtient un produit plus ou moins odorant, quelquefois même fétide, lorsque, parallèlement à la formation de l'alcool, il y a apparition d'acide butyrique, acide dont j'ai reconnu la présence dans le pulque. Ainsi, dans les environs du village de Hocotitlan, au nord de Toluca, au pied de montagnes qui atteignent presque à la limite inférieure des neiges perpétuelles, on obtient un pulque d'une grande réputation, d'un goût de terroir très-prononcé, n'ayant rien de nauséabond; ce que l'on attribue à la basse température de la localité qui modifierait la marche et les effets de la fermentation (1).

Malgré la conquête qui a porté la vigne dans le nouveau monde, l'octli ou pulque est resté la boisson de prédilection des habitants de l'Anahuac. Aujourd'hui, comme sous la dynastie aztèque, des étendues considérables de terrain sont consacrées à la culture du maguey. Une production aussi importante de l'agriculture mexicaine méritait à tous égards de fixer l'attention de la Commission impériale. Grâce à l'initiative de notre honorable collègue, M. le général Ribourt, j'ai eu à ma disposition, dans le courant du mois d'août, du pulque de Tlascala, expédié de la Vera-Cruz le 16 juillet par les soins de M. le sous-intendant militaire Ségonne. Une main habile avait préparé cet envoi. Chaque bouteille, remplie aux $\frac{5}{6}$ seulement, dans la prévision d'une émission de gaz, était bouchée avec un liége solidement maintenu par des liens en fil de fer. A l'ouverture des bouteilles il s'est dégagé de l'acide carbonique. C'est sans doute par la présence de ce gaz comprimé que

(1) Humboldt.

le pulque a pu supporter le transport sans éprouver d'altération, sans subir la fermentation lactique. Par le repos, il n'est pas devenu limpide; il a conservé l'apparence du petit-lait; même après avoir été filtré, il est resté opalescent. Sa saveur légèrement acide rappelait celle du vin de palmier, en faisant toutefois abstraction de l'odeur, que deux experts ont caractérisée en disant :

Le premier, que le pulque sentait la viande très-faisandée;

Le second, que le pulque sentait le vieux fromage.

Je crois que l'on peut prendre la moyenne de ces deux appréciations, en y ajoutant, ce qu'un chimiste seul pouvait reconnaître, l'odeur de l'acide butyrique que l'on perçoit ordinairement dans les produits de la fermentation du lait.

La substance blanche tenue en suspension, et qui rend la liqueur lactescente, est précipitée par l'alcool; elle est alors mêlée à des lambeaux de cellulose, à de la gomme, en un mot à des matières insolubles dans ce menstrue; elle renferme en outre une matière albuminoïde, puisqu'elle a fourni à l'analyse 3,13 pour 100 d'azote, représentant près de 20 pour 100 d'albumine.

Dans 1 litre de pulque de Trascala, pesant 976 grammes, j'ai dosé :

	Volume.	Poids.
	cc	gr
Alcool absolu	74	58,76
Glucose	»	0,00
Glycérine	»	2,10
Acide succinique	»	1,40
Acide carbonique	308	0,61
Acide organique libre (malique?)	»	5,50
Acide butyrique, acide acétique	»	indices
Acide lactique	»	0,00
Gomme	»	0,50
Ammoniaque toute formée	»	0,05
Potasse	»	0,85
Chaux, magnésie, acide phosphorique	»	2,50
Matière azotée (caséine?)	»	1,90
Eau ; matières indéterminées (par différence)	»	901,83
		976,00

On remarquera que la matière sucrée avait complétement disparu, circonstance assez rare dans les liquides fermentés et qu'explique la forte proportion de substances albuminoïdes contenue dans le moût de l'agave.

La teneur en alcool, $7^{lit},4$ par hectolitre, approche de celle des vins légers jouissant d'ailleurs d'une réputation méritée, fondée plutôt sur la finesse du bouquet que sur la richesse alcoolique; on peut citer le chablis renfermant rarement au delà de 7,5 d'alcool pour 100.

C'est avec le cidre que le pulque a peut-être le plus d'analogie. L'un et l'autre sont d'une conservation difficile, et pour cette raison doivent être bus promptement.

En appliquant à du cidre de nos cultures, obtenu en 1863, exactement les mêmes procédés d'analyse, j'ai trouvé, dans 1 litre pesant 1002 grammes :

	Volume.	Poids.
	cc	gr
Alcool absolu	71,3	56,61
Glucose	»	15,40
Glycérine, acide succinique	»	2,56
Acide carbonique	13,60	0,27
Acide malique, libre	»	7,74
Acide butyrique	»	0,00
Acide acétique	»	indices
Acide lactique	»	0,00
Gomme	»	1,40
Ammoniaque toute formée	»	0,00
Potasse	»	1,55
Chaux, acide phosphorique, acide sulfurique, chlorure de sodium	»	0,20
Matière azotée	»	0,12
Eau; matières indéterminées (par différence)	»	916,15
		1002,00

La culture de l'agave, je le répète, est une des plus importantes, des plus lucratives au Mexique; voici quelques renseignements que j'emprunte à une Note fort intéressante envoyée en Europe par M. Méhédin. L'hacienda de Cerro-Gordo compte 150 000 pieds de maguey de différents âges;

il en sort par semaine environ 100 *cargas* de pulque, de 300 litres, soit, par an, 5220 cargas, ou 15600 hectolitres. Sur place, la carga est payée (1865), 20 francs, soit $6^{fr},70$ l'hectolitre, c'est à peu près le prix du cidre en France lorsque les pommes sont abondantes. La recette brute et annuelle de l'hacienda de Cerro-Gordo serait par conséquent de 104000 francs; en déduisant 24000 francs pour les frais d'exploitation, il reste 84000 francs pour produit net. M. Méhédin fait remarquer que le bénéfice devrait être augmenté de celui que l'on fait sur les récoltes de céréales, de légumineuses que l'on retire itérativement. Si l'on admet avec Humboldt que l'extraction de la séve sucrée porte sur le treizième de la plantation, chaque pied produirait 135 litres de pulque, répondant à environ 163 litres d'aguamiel.

L'hacienda de San-Nicolas-y-Grande, placée à égale distance entre Apau et Calpulalpa, écoulant ses produits sur Mexico et Puebla, expédie, assure-t-on, près de 300 cargas de pulque par semaine, ce qui ferait présumer un revenu net annuel de 240000 francs.

A l'époque où Humboldt visitait la Nouvelle-Espagne, la valeur d'un pied de maguey arrivé à maturité était de 25 francs, à Pachuca, et l'on se formera une idée de l'importance de ce genre de culture par les droits perçus par le fisc. En 1793, ces droits s'élevèrent à la somme de 4088695 francs; en déduisant les frais de perception, le gouvernement retirait net de cet impôt 3800000 francs (1). C'est qu'au Mexique, sur les plateaux, les vins liquoreux d'Espagne n'étaient bus que par la classe aisée; les métis, les mulâtres et le plus grand nombre des blancs créoles préféraient, comme les Indiens, le suc fermenté de l'agave à toute autre boisson. A Mexico, une population de 140000 âmes consommait par an 418000 hectolitres de

(1) Humboldt.

pulque : c'est près de 3 hectolitres par habitant; il est vrai qu'alors il fallait, comme il le faudrait encore à présent, tenir compte de cette population flottante affluant dans la capitale les jours de marché, et qui n'est pas la moins altérée.

Une telle consommation explique l'extension de la culture du maguey. Suivant de Humboldt, l'ivrognerie à laquelle la race indienne est adonnée est surtout commune à Puebla, à Tlascala, partout, en un mot, où le pulque est produit en grande abondance. Dans la capitale, à Mexico, la police fait circuler des tombereaux pour ramasser les ivrognes que l'on trouve étendus dans les rues. Ces Indiens, ivres-morts, sont déposés au corps de garde; le lendemain, quand l'ivresse est passée, on leur met un anneau de fer au pied et on les fait travailler pendant trois jours à nettoyer la voie publique. L'administration ne manque jamais de balayeurs.

Comparons maintenant le produit du maguey à celui de la vigne.

Humboldt rapporte que dans une plantation anciennement établie, un treizième est exploité annuellement pour en extraire l'aguamiel; c'est admettre que dans ces conditions l'agave atteint l'époque à laquelle la hampe va se développer, à l'âge de treize ans. A raison de 4000 pieds par hectare, il y en a 307 soumis à la ponction pendant au moins soixante-seize jours, fournissant 933 hectolitres de moût. Retranchant le sixième de ce nombre pour la diminution de volume occasionnée par la fermentation, l'évaporation grandement favorisée par la surface du liquide en contact avec l'air et par les soutirages, c'est un produit annuel, par hectare, de 778 hectolitres. Dans des situations moins favorisées, nous avons vu que le rendement de chaque plant n'est plus que de 136 litres : le produit serait alors de 418 hectolitres de moût se réduisant à 348 hectolitres de pulque.

Il faut bien des années d'observations pour fixer la moyenne des récoltes de vins. Il n'y a pas de culture dont les rendements soient plus variables que ceux d'un vignoble. En embrassant de grandes étendues, on est surpris de la faiblesse de la production. Un économiste éminent, Blanqui, mon regretté collègue au Conservatoire, établissait, dans une Note encore en ma possession, que dans le département de la Gironde 103 000 hectares donnaient en moyenne 2 000 000 d'hectolitres de vin : $19^{h},4$ par hectare. C'est que la récolte est parfois nulle dans certains cantons ravagés par la grêle, parfois réduite à de très-minimes proportions par les gelées d'hiver ou du printemps, par la coulure, etc. Cependant la production atteint, quand toutes les circonstances sont favorables :

80 hectolitres de gros vins dans les bons sols de la Garonne;

60 hectolitres de vins de ménage sur les coteaux de la Dordogne;

40 hectolitres de vins fins sur les coteaux bien exposés de Graves et de Saint-Émilion;

30 hectolitres de vins supérieurs, légers, froids, dans les terres du haut Médoc.

Dans le Languedoc, les cépages d'Aramon et de Terret sont certainement les plus productifs; les cultures très-soignées, fortement fumées, fournissent à l'hectare, dans les bonnes années, jusqu'à 300 hectolitres de vin à $\frac{1}{10}$ d'alcool. Dans les cultures ordinaires on obtient 135 hectolitres d'une teneur moyenne alcoolique de 8 pour 100. Dans la Côte-d'Or, la moyenne des récoltes faites à Volnay, de 1807 à 1842, n'a pas dépassé 17 hectolitres, et quelle différence dans la production annuelle! La plus élevée, celle de 1842, a été 45 hectolitres; la plus faible, celle de 1816, 1 $\frac{1}{2}$ hectolitre. La richesse alcoolique des bons vins de Bourgogne est estimée à 10 pour 100. Ces produits de la vigne, même dans les contrées les plus favorables, sont certainement inférieurs à ceux de l'agave.

Sans doute il n'entrera dans l'esprit de personne d'assimiler le pulque, même au vin de qualité très-inférieure; aussi la comparaison ne doit-elle porter que sur une matière commune aux deux boissons, sur l'alcool ayant de part et d'autre la même composition, les mêmes propriétés, la même valeur. L'eau-de-vie de pulque, le *mexical*, préparé dans les intendances de Valladolid, de Mexico, de Durango, faisait autrefois une telle concurrence aux eaux-de-vie de la Castille, que le gouvernement espagnol en avait sévèrement prohibé l'usage (1). L'alcool que j'ai retiré en distillant le pulque de Tlascala était de bon goût; rien ne rappelait l'odeur désagréable du liquide qui l'avait fourni.

Le pulque renfermant 7,13 pour 100 en volume d'alcool absolu, on a pour l'alcool produit par un hectare planté en agave :

Culture très-favorisée..........	56 hectolitres.
Culture très-ordinaire..........	25 »

En prenant, pour les vins de la Gironde, une teneur alcoolique de 11 pour 100, on a pour l'alcool dont les éléments sont élaborés sur un hectare :

	Vin.	Alcool.
	h	h
Récolte exceptionnelle...............	80	8,8
Récolte moyenne....................	19,4	2,1
Languedoc, Aramon et Terret : culture exceptionnelle..................	300	30
Idem, culture ordinaire..............	135	11
Côte-d'Or..........................	17	2

Si l'on étend la comparaison à la canne à sucre, à la betterave, aux pommes de terre, aux céréales destinées à l'alambic, la supériorité, comme producteur d'alcool, reste encore à l'agave.

Sur la terre ferme, dans l'État de Venezuela, la canne

(1) Humboldt.

d'Otaïti récoltée sur un hectare rend au moulin (*trapiche*) un vesou dans lequel il entre 2000 kilogrammes de sucre, pouvant donner 27 hectolitres de rhum marquant 50 degrés à l'aréomètre, et renfermant par conséquent 13 hectolitres d'alcool absolu.

Une récolte par hectare de 30000 kilogrammes de betteraves d'une teneur saccharine de 10 pour 100 contient les éléments de 20 hectolitres d'alcool.

Dans le département de Seine-et-Marne, la betterave globe jaune, amendée par du fumier de ferme et du guano, rend 45000 kilogrammes à l'hectare et est riche à 6 pour 100. Par la distillation, on en retire 36 hectolitres de flegmes à 50 degrés, soit 18 hectolitres d'alcool.

En Prusse, en Alsace, en Flandre, on admet dans la pratique que

100^{kil}	de pommes de terre fournissent	16^{lit}	d'alcool	à 50°
»	de maïs..........	»	50	»	»
»	de froment.......	»	55	»	»
»	de seigle.........	»	45	»	»
»	d'avoine.........	»	44	»	»
»	d'orge.........	»	43	»	»

De l'ensemble de ces données on tire, pour la production de l'alcool d'une culture faite sur 1 hectare, les nombres que j'ai réunis dans le tableau suivant.

PLANTES.	NATURE de la RÉCOLTE.	RÉCOLTE PAR HECTARE en VOLUME.	RÉCOLTE PAR HECTARE en POIDS.	ALCOOL ABSOLU fourni par la récolte.	REMARQUES.
		hectol.	kilog.	hectol.	
Agave americana.......	Pulque.....	778	"	56	Culture très-productive.
Agave americana.......	Pulque.....	348	"	26	Culture très-ordinaire.
Vigne...............	Vin.......	80	"	9	Gironde; gros vins.
Vigne...............	Vin.......	19	"	2	Gironde; moyenne.
Vigne...............	Vin.......	300	"	30	Hérault, Aramon; culture exceptionnelle.
Vigne...............	Vin.......	135	"	11	Hérault, Aramon, Terret; moyenne.
Vigne...............	Vin.......	17	"	2	Bourgogne, vins fins; moyenne.
Canne à sucre.........	Sucre......	"	2000	14	Venezuela, Amérique du Sud.
Betterave.............	Racines....	"	30000	20	Betterave à 10 pour 100 de sucre.
Betterave.............	Racines....	"	45000	18	Betterave à 6 pour 100 de sucre.
Pomme de terre........	Tubercules.	"	27000	22	Palatinat.
Froment..............	Grains.....	28	2072	6	
Maïs.................	Grains.....	37	2700	7	Hœrtz, Bas-Rhin.
Maïs.................	Grains.....	129	9417	24	Venezuela, Amérique du Sud.
Seigle...............	Grains.....	28	2016	5	
Avoine...............	Grains.....	38	1710	4	
Orge.................	Grains.....	30	1800	4	

Des plantes pouvant fournir de l'alcool, l'*Agave americana*, à égalité de surface cultivée, paraît donc être la plus productive, et il est douteux, quoi qu'en ait prédit Humboldt, que les plantations de maguey soient un jour remplacées par des vignobles. La prédiction date de plus de soixante ans, et rien n'a changé. Les tentatives de viticulture faites au Mexique n'ont donné, jusqu'à présent, que des résultats insignifiants, bien que l'on obtienne du raisin d'excellente qualité à Zapotitlan, près Oaxaca, et que le vin de Passo soit fort estimé. Il est d'ailleurs une altitude, et par suite une situation climatérique, où la vigne ne déplacera jamais l'agave, indifférente aux alternatives les plus subites de sécheresse et d'humidité, bravant les météores par la rigidité de ses organes, s'établissant sur les sols les plus ingrats, végétant alors plus lentement sans doute, mais produisant toujours, en assimilant, comme la forêt inculte, les plus minimes éléments de fertilité qui sont disséminés dans l'air et dans la terre.

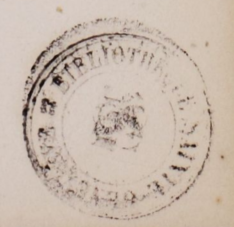
SUR

LE DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE,

PAR M. BRASSIER.

Le dosage de l'acide phosphorique combiné à la chaux, à l'oxyde de fer, à l'alumine, intéresse au plus haut degré la Chimie agricole, puisque dans la terre arable et dans presque tous les engrais qui aident à la fertilité du sol, l'acide phosphorique se rencontre combiné à ces bases. Ordinairement on se contente dans les essais commerciaux de précipiter les phosphates de leur dissolution chlorhydrique en ajoutant un excès d'ammoniaque; c'est ce que l'on fait notamment pour les analyses de noir animal, de superphosphate, de coprolithes, et généralement toutes les fois que la substance dans laquelle on cherche l'acide phosphorique ne contient pas une forte proportion d'oxyde de fer. Ce procédé est cependant des plus inexacts; sans parler de la présence presque constante du fer et de l'alumine dans les matières qui intéressent l'agriculture, on peut dire que le précipité de phosphate de chaux que l'on obtient dans ces conditions et que l'on considère comme du phosphate tribasique est loin d'offrir une composition constante : il contient des proportions d'acide phosphorique très-variables, et l'on ne saurait par conséquent déduire du poids du phosphate celui de l'acide phosphorique réel. Si l'on dose l'acide phosphorique sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien, il devient nécessaire de séparer la chaux, ce qui rend l'opération longue et dispendieuse dans

le cas où l'on se sert de l'alcool pour effectuer cette séparation. De plus, par le procédé qui consiste à maintenir l'oxyde de fer et l'alumine en dissolution à l'aide du tartrate d'ammoniaque, il reste souvent une incertitude sur la pureté du phosphate ammoniaco-magnésien, car il arrive assez souvent qu'il se forme dans la liqueur une quantité plus ou moins considérable de tartrate de magnésie, ce qui ne contribue pas peu à rendre l'opération délicate, puisqu'il devient nécessaire de traiter à nouveau le précipité obtenu pour le débarrasser du tartrate qui le souillait. Un chimiste anglais, M. Warington, a proposé récemment de substituer l'acide citrique à l'acide tartrique, en se fondant sur la grande solubilité du citrate de magnésie. Du reste il recommande la séparation préalable de la chaux, soit à l'état de sulfate, par l'acide sulfurique et l'alcool, soit à l'état d'oxalate, dans une liqueur faiblement acidifiée par l'acide acétique. Toutes les précautions recommandées par l'auteur sont celles que l'on connaît déjà, et en les suivant les résultats obtenus sont très-exacts. Le citrate d'ammoniaque est donc d'un emploi sûr et mérite d'autant plus d'être recommandé qu'il peut dispenser de la séparation de la chaux. En effet, le phosphate de chaux est, ainsi que je l'ai constaté, très-soluble dans le citrate d'ammoniaque; étant donnée une dissolution contenant du phosphate de chaux, de l'oxyde de fer et de l'alumine, dissous dans une suffisante quantité de citrate d'ammoniaque, l'addition d'un excès d'ammoniaque ne précipitera aucun de ces corps, et l'addition d'une dissolution de *chlorure de magnésium* donnera un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien. Voici comment j'opère : la dissolution chlorhydrique des phosphates est précipitée par un excès d'ammoniaque; le précipité obtenu est redissous par l'acide citrique dans la liqueur maintenue ammoniacale. On verse alors du chlorure de magnésium pur en quantité suffisante pour obtenir tout l'acide phosphorique



à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien; on précipite ainsi la totalité de ce principe sans trace de chaux, et dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire sous forme de poudre cristalline, lente à se former, se déposant sur les parois du vase et adhérant au verre. Le précipité recueilli, lavé à l'eau ammoniacale et calciné, donne du pyrophosphate de magnésie, ordinairement grisâtre et souvent blanc, si le lavage a été fait avec soin. Ajoutons que la liqueur dans laquelle le précipité s'est formé doit être d'un vert pâle ou légèrement jaunâtre, caractère déja signalé par M. Warington. L'inconvénient de la modification que je propose est de ne s'appliquer qu'à un nombre de cas assez restreint, savoir, lorsque la substance soumise à l'analyse ne contient pas de sulfates ou n'en contient que des traces; autrement la liqueur acide, rendue neutre par l'ammoniaque, précipiterait du sulfate de chaux, et le dosage serait d'autant plus inexact que la proportion de sulfate serait plus considérable. Tel qu'il est, ce procédé peut, je crois, rendre quelques services; il doit notamment être substitué au dosage de l'acide phosphorique à l'état de phosphate de chaux tribasique, dosage qui n'offre aucune garantie et ne s'applique pas d'ailleurs plus que celui-ci aux cas où il y a des sulfates dans la matière soumise à l'analyse.

Dans un grand nombre d'essais comparatifs (1) entre ce procédé ainsi modifié et l'ancien dans lequel on sépare d'abord la chaux, j'ai constamment obtenu des résultats très-concordants, quoique ordinairement un peu plus faibles dans le cas où je ne séparais point la chaux.

(1) Voici quelques résultats :

	Acide phosphorique, après séparation de la chaux.	Acide phosphorique, sans séparer la chaux.
Coprolithes des Ardennes.......	19,42	19,18
» » »	16,10	15,70
» » »	18,32	18,40
Noir d'os......................	28,55	28,06
Engrais d'os (résidu)............	24,08	23,90

Le phosphate ammoniacò-magnésien est en effet sensiblement soluble dans le tartrate et le citrate d'ammoniaque, et par conséquent plus la proportion de ces sels est forte, plus la perte d'une petite quantité de phosphate double par dissolution est sensible. Il est par suite utile de ne pas introduire dans le liquide un grand excès de ce sel; c'est à quoi l'on parvient en précipitant d'abord la dissolution chlorhydrique par l'ammoniaque, puis en redissolvant le précipité par l'acide citrique ajouté goutte à goutte en ayant soin du reste de maintenir la réaction alcaline du liquide. Enfin il est indispensable de se servir de chlorure de magnésium pur, c'est-à-dire débarrassé de sulfate de magnésie, et cela pour la raison indiquée plus haut.

SUR

LA FERMENTATION DES FRUITS A NOYAU,

PAR M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

Ces recherches ont été entreprises dans le but de constater la perte en alcool que le distillateur éprouve, soit dans la fermentation des fruits à noyau, soit pendant la distillation de ces fruits fermentés. Plusieurs essais avaient déjà établi que dans la fabrication du kirschenwasser et du zwetschenwasser au Liebfrauenberg, cette perte, toujours constante, est quelquefois considérable. Ainsi, dans les produits fermentés, on ne trouve jamais, à beaucoup près, l'alcool qu'on devrait y rencontrer, d'après la teneur des cerises et des prunes en glucose; et dans le kirschenwasser, comme dans le zwetschenwasser, on n'obtient pas davantage le degré alcoolique qu'on avait lieu d'espérer d'après la richesse en alcool des matières passées à l'alambic. Sans doute, comme M. Pasteur l'a démontré, le glucose ne donne pas en fermentant l'alcool qu'indiquerait l'équation $C^{12}H^{12}O^{12} = 2(C^4H^6O^2) + 4(CO^2)$, c'est-à-dire que 100 de glucose ne produisent pas 51,11 d'alcool absolu : on obtient constamment un nombre un peu moins élevé. Mais, dans la fermentation des fruits à noyau, la différence dans le même sens est très-forte ; elle dépend surtout de ce qu'une quantité notable de la matière sucrée échappe à l'action du ferment, et que, par cela même, on retrouve intacte dans les vinasses. En ce qui concerne la perte en alcool éprouvée pendant la distillation, nul doute

qu'elle ne provienne en grande partie de la manière de procéder des brûleurs. Le liquide, les pulpes, les noyaux provenant des fruits fermentés sont mis pêle-mêle dans une cucurbite dont la capacité dépasse rarement 100 litres ; on ne la remplit pas entièrement. On chauffe très-lentement, en agitant continuellement la masse avec un bâton, pour empêcher la tuméfaction, et c'est lorsque l'extrémité inférieure de ce bâton a acquis une certaine température que l'on place le chapiteau pour distiller à un feu très-modéré que l'on entretient jour et nuit. La fréquence des chargements, quand on doit faire passer par l'alambic 15 à 20 hectolitres de matières, la nécessité où l'on est d'agiter au commencement de chaque opération, doivent nécessairement donner lieu à une déperdition d'alcool. Toutefois, il ne faut pas se hâter de critiquer le procédé des brûleurs, quelles que soient sa lenteur et ses imperfections. Les tentatives faites jusqu'à présent pour remplacer l'alambic primitif par des appareils distillatoires perfectionnés ont complétement échoué, et si, en les employant, on atténue la perte en alcool, on peut dire que l'on perd en qualité ce que l'on gagne en quantité. L'eau-de-vie de prunes, particulièrement l'eau-de-vie de mirabelles, qui en sort, n'a plus cet arome qui la fait apprécier, et le kirschenwasser perd son parfum caractéristique, qu'on a tâché vainement de lui conserver en introduisant dans l'alambic des noyaux de cerises concassés, opération que repousse comme une fraude préjudiciable tout brûleur loyal. Le véritable kirschenwasser, liquide beaucoup plus rare dans le commerce qu'on ne le pense, provient de la fermentation des merises en nature, dont le produit fermenté est distillé sans addition de noyaux broyés.

Avant de procéder à la recherche spéciale que j'avais en vue, j'ai fait une étude de la fermentation du moût de raisin, dans les limites assignées par de savants observateurs; c'est-à-dire que je me suis borné à doser la matière

sucrée, l'acidité, l'ammoniaque du moût avant et après la fermentation, afin de constater dans quel rapport ces divers principes avaient été acquis ou éliminés, et particulièrement si la proportion d'alcool trouvée dans le liquide fermenté répondait à celle du glucose disparu pendant la fermentation.

Glucose. — Le dosage du glucose a été fait avec la liqueur de Fehling. En prenant les précautions qui en assurent l'exactitude, particulièrement en ayant soin que le liquide sucré sur lequel on opère soit amené par une addition d'eau à peu près à un état de concentration peu différent de celui de la dissolution de sucre de canne interverti prise pour type, et qui contenait dans 10 centimètres cubes le glucose correspondant à $0^{gr},1$ de sucre de canne cristallisé (sucre candi). Comme contrôle, on déterminait la quantité de matières fixes contenues dans le liquide sucré, et, dans ces matières, l'on cherchait à isoler le glucose par un traitement alcoolique sans y parvenir d'une manière satisfaisante.

Dans le moût de raisin, dans le sucre de fruits mûrs, le dosage du glucose, par le tartrate cuprosodique, ne présente aucune difficulté ; mais il n'en est plus ainsi quand on dose la matière sucrée restée dans le vin ou dans les sucs des fruits fermentés. Il y a alors dans l'indice de la réduction du liquide cuivrique, qui est, comme on sait, l'extinction de la couleur bleue, une cause d'incertitude regrettable : c'est l'apparition d'une teinte jaune-verdâtre persistante, qui, en faisant hésiter sur la terminaison de l'opération, doit occasionner une erreur dont il ne faut pas cependant exagérer l'importance. Voici, au reste, les résultats d'un dosage de glucose dans un suc de fruits fermentés, qui montrent entre quelles limites sont comprises les quantités de matière sucrée trouvée dans 100 centimètres cubes de liquide :

Glucose.

	gr
1er dosage.................	12,58
2e dosage.................	12,89
3e dosage.................	11,21
4e dosage.................	12,58
5e dosage.................	12,28
6e dosage.................	12,28

Dans une autre série d'expériences, on a dosé dans 100 grammes d'un même liquide fermenté :

Glucose.

	gr
1er dosage.................	8,17
2e dosage.................	7,33
3e dosage.................	7,22

De tels écarts ne se sont jamais présentés dans les dosages faits sur les moûts pris avant la fermentation. Toutes les tentatives faites pour empêcher la teinte verte de se manifester ont échoué. Le résultat le plus satisfaisant qu'on ait obtenu, c'est en faisant bouillir pendant quelques instants le liquide fermenté avec 2 à 3 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et ramenant au volume initial. Assez généralement la teinte verte a été moins prononcée, et, dans quelques cas seulement, elle n'est pas apparue. La matière qui détermine cette teinte, si défavorable au dosage du glucose, doit être formée dans la fermentation, puisque, dans la plupart des moûts ou des sucs de fruits, on dose le glucose sans difficulté. Les produits développés pendant la fermentation sont : l'alcool, l'acide succinique, la glycérine; or, comme on s'en est assuré, aucun d'eux ne trouble la réaction de la liqueur de Fehling, quand on les ajoute à une solution de glucose.

Acidité. — On l'a dosée par la méthode volumétrique, en saturant le liquide par de l'eau de chaux dont on con-

naissait le titre, c'est-à-dire la quantité réelle de chaux tenue en dissolution. On commençait par expulser le gaz acide carbonique du moût ou des sucs fermentés. Après l'application du vide, l'ébullition, prolongée pendant dix à quinze minutes, est sans aucun doute le meilleur moyen d'opérer cette expulsion. On s'est néanmoins préoccupé de cette circonstance, que les moûts, surtout après leur fermentation, renfermaient des acides qui ne sont pas absolument fixes ; il pouvait en résulter une perte d'acide occasionnée par le dégagement de la vapeur aqueuse ; mais des expériences, qui seront décrites dans un travail spécial, ont montré que, dans les conditions où l'on a opéré, elle est assez faible pour être négligée.

Les liquides étant débarrassés du gaz acide carbonique, on y ajoutait quelques gouttes d'infusion de tournesol rendue sensible, le virage de la teinte au bleu étant l'indice de la saturation des acides libres par l'eau de chaux sortie de la burette. Le moût, le vin rouge recevaient aussi l'infusion de tournesol, bien que le virage de leur propre teinte au vert pût servir d'indice de saturation, et si, malgré cela, l'addition du tournesol est nécessaire, c'est que, dans le titrage, on fait intervenir cette teinture possédant une réaction alcaline ; il convient d'en introduire un volume égal à celui qu'on avait employé dans la prise de titre de la dissolution alcaline. La difficulté que présente le dosage des acides libres dans les moûts et dans les sucs fermentés provient d'une matière contenue dans tous les liquides et qui prend une couleur brune sous l'influence des alcalis. Cette teinte brune masque tellement le virement du tournesol, qu'il est toujours difficile, et quelquefois impossible, de saisir le point de saturation, le moment où il faut cesser de verser de l'eau de chaux dans le liquide.

Les déterminations d'acidité que j'ai faites dans les travaux exécutés en 1864 laissent par cela même beaucoup à désirer sous le rapport de l'exactitude, et la question de

savoir si l'acidité du vin et du cidre est égale, supérieure ou inférieure à ce qu'elle était avant la fermentation, n'a pas été résolue d'une manière satisfaisante. Dans les recherches exécutées en 1865, on a fait disparaître l'incertitude que l'on éprouvait à fixer le point de saturation, en substituant comme indice le papier à l'infusion de tournesol. Il est nécessaire de faire usage d'un papier très-sensible, et, par suite, d'une nuance assez faible ; il en résulte qu'en restant pendant un certain temps dans un liquide que l'on agite vivement pendant que l'on verse la dissolution alcaline, le papier est décoloré à un point que la teinte bleue qui doit succéder à la teinte rouge est peu perceptible. Ce dosage n'est alors qu'approximatif; on en fait un second en versant d'abord dans le liquide acide un peu moins d'eau de chaux qu'il n'en faut pour saturer, et c'est alors seulement qu'on introduit le papier sensible, qui, restant fort peu de temps dans le liquide, conserve sa couleur, que l'on voit nettement virer au bleu, au moment où il y a assez de solution alcaline pour opérer la saturation. En se servant du papier sensible comme indice, on est arrivé, dans le dosage de l'acidité, à un degré de précision qu'on n'avait pu atteindre en colorant le liquide par l'infusion de tournesol.

Le titre de l'eau de chaux employée dans le dosage étant fixé d'après la quantité d'acide sulfurique monohydraté nécessaire pour en saturer un certain volume, l'acidité des moûts, avant et après leur fermentation, est donc exprimée en acide sulfurique. Cela suffit pour le but auquel on s'était proposé d'arriver, celui de savoir s'il y a de l'acide perdu ou gagné pendant la fermentation alcoolique.

Ammoniaque. — Pour doser cet alcali, on opérait sur 100 centimètres cubes de liquide auquel on mêlait 200 centimètres cubes d'eau exempte d'ammoniaque. On faisait bouillir pour expulser le gaz acide carbonique, puis, le

mélange refroidi, après y avoir délayé 1 à 2 grammes de magnésie, on l'introduisait dans l'appareil distillatoire destiné à doser de faibles quantités d'ammoniaque dans les eaux pluviales (1). Dans les premiers 100 centimètres cubes de liquide distillé, on dosait l'ammoniaque par la méthode volumétrique.

Alcool. — On l'a dosé dans les moûts fermentés par le procédé de Gay-Lussac : en soumettant généralement 300 centimètres cubes de liquide à la distillation. Dans les premiers 100 centimètres cubes de liquide distillé, on prenait la teneur en alcool au moyen de l'alcoomètre. Pour exprimer en poids l'alcool indiqué par l'instrument, on a admis que la densité de l'alcool absolu à 15 degrés était 0,794. Il y a toutefois une remarque à faire sur ce procédé : c'est qu'il n'est pas certain qu'en retirant le tiers d'une liqueur alcoolique soumise à la distillation, il y ait dans ce tiers sorti du serpentin la totalité de l'alcool que renfermait cette liqueur. Ce qui, d'ailleurs, doit rester dans l'alambic est sans doute assez peu de chose pour qu'il ne soit pas nécessaire de s'en occuper, lorsqu'il s'agit d'un essai industriel de vin ou d'eau-de-vie ; mais quand d'une opération faite sur 300 centimètres cubes d'un liquide on en déduit ce que plusieurs litres doivent contenir d'alcool absolu, il est clair que cette perte, quelque minime qu'on la suppose, étant multipliée un grand nombre de fois, se traduira par une quantité notable. Il est donc à craindre que dans ces recherches la proportion d'alcool absolue assignée aux liquides fermentés soit un peu au-dessous de ce qu'elle était réellement.

EXPÉRIENCES FAITES EN 1864.

Vin rouge de Lampertsloch. — Le 18 octobre, on a mis dans un vase de terre vernissé, dont l'ouverture circulaire

(1) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. II, p. 170.

avait 2 décimètres de diamètre, $13^{lit},5$ de moût provenant du foulage en bâche de raisin dit pineau noir. Le moût avait été passé par un crible pour enlever les rafles et la plus grande partie des pellicules et des pepins; il était trouble, d'un rouge sale. Le vase, fermé avec une toile semblable à celle avec laquelle on couvre les grandes cuves, fut mis au cellier. Le 19 octobre, la fermentation commença; elle se développa activement jusqu'au 22; à partir du 25 elle se ralentit. Le 5 novembre, la fermentation apparente avait cessé. C'est à cette date que le vin fut mesuré; il y en avait 12 litres, y compris $\frac{1}{2}$ litre de lie épaisse.

	lit
Moût employé	13,50
Après la fermentation apparente	12,06
Diminution de volume en dix-huit jours	1,44

On était loin de s'attendre à une diminution de volume aussi forte, et qu'il faut en très-grande partie attribuer à l'évaporation, malgré le linge dont le vase était couvert. Cette perte de liquide, car c'en est une, a dû nécessairement influer sur les proportions d'alcool que l'on a dosées, et par suite sur le rapport existant entre le glucose détruit et l'alcool formé; c'est là une circonstance fâcheuse qui, heureusement, n'a pas pu changer le rapport de l'acidité entre le moût et le vin. En supposant, ce qui est très-probable, que la diminution de volume pendant la fermentation soit l'effet de l'évaporation, on a réparti cette diminution sur le nombre de jours compris entre le 18 octobre et le 5 novembre.

On a dosé dans un litre :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Le 18 octobre, moût..	183,13	0,0	6,98	0,060
Le 23 octobre, vin....	86,35	45,66	7,08	0,000
Le 28 octobre, vin....	11,63	84,16	7,85	0,000
Le 5 novembre, vin....	3,77	88,77	8,05	0,000

RÉSUMÉ.

	Volumes.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3, HO.	Ammoniaque.	Alcool déduit du glucose disparu.
	lit	gr	gr	gr	gr	
18 octobre, moût.	13,50	2472,22	0,00	94,23	0,810	
23 octobre	13,10	1131,18	598,15	92,75	0,000	
Différences..		— 1341,04	+ 598,15	— 1,48	— 0,810	gr 683,40
28 octobre.......	12,70	147,70	1068,83	99,70	0,000	
Différences..		— 983,48	+ 470,68	+ 6,95	0,000	502,66
5 novembre.....	12,06	47,50	1118,50	101,43	0,000	
Différences..		— 100,20	+ 49,67	+ 1,73	0,000	51,21

Si l'on compare le moût au vin du 5 novembre, on a :

	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.	Alcool déduit du glucose disparu.
	gr	gr	gr	gr	
18 octobre.	2472,22	0,00	94,23	0,810	
	47,50	1118,50	101,43	0,000	
Différences.	—2424,72	+1118,50	+7,20	—0,810	gr 1239,27

On a obtenu les 0,90 de l'alcool qu'aurait dû produire le glucose disparu.

Le vin a été trouvé plus acide que ne l'était le moût. Si l'on représentait par 100 l'acidité du moût, l'acidité du vin le serait par 107,6.

En dix-huit jours, les 90 centièmes du glucose du moût avaient été modifiés par la fermentation ; néanmoins ce vin, à peine potable, était bien inférieur comme qualité à ce qu'il devait être quelques mois plus tard, après la fermentation lente et par suite de la précipitation d'une partie de la crème de tartre.

Cidre. — *Première expérience :*

Le 27 septembre, on a pris du moût sortant du pressoir, alors qu'il était à peu près limpide, d'un jaune pâle. Les fruits que l'on pressurait étaient des pommes de Normandie à saveur légèrement amère.

19^{kil},37 de moût ont été reçus dans un vase de grès ayant une orifice de 25 centimètres de diamètre, qu'on a fermé avec un linge.

Le 29 septembre, le moût n'avait pas changé d'aspect; c'est à partir du 30 qu'il donna des indices de fermentation, la température du cellier étant de 16 degrés.

Le 1er octobre, il y avait de la mousse à la surface du liquide d'où émanait déjà l'odeur vineuse. La fermentation continua à marcher avec lenteur. Le 4 octobre, la liqueur avait l'odeur et la saveur sucrée du cidre mousseux. Le 13 octobre, la saveur sucrée était très-atténuée; si le cidre n'eût été trouble, on aurait pu le considérer comme potable.

Le 29 octobre, la fermentation apparente était terminée; le cidre commençait à s'éclaircir :

	kil
Le 29 octobre, le cidre, y compris la lie, a pesé...	17,77
Le 27 septembre, le moût de pommes pesait.....	19,37
Perte...........	1,60

Dans 1 kilogramme de ces liquides, on a dosé :

	Glucose.	Alcool.	Cidre exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Moût (1)....	94,80	0,00	4,00	0,005
Cidre.......	7,60	45,50	4,02	0,002

RÉSUMÉ.

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	kil	gr	gr	gr	gr
27 septembre, moût.	19,37	1836,28	0,00	77,48	0,097
29 octobre, cidre.	17,77	135,05	781,23	71,44	0,035
Différences...		— 1701,23	+ 781,23	— 6,04	— 0,062

Les 1701^{gr},23 de glucose disparu auraient dû donner

(1) On s'est assuré que les pommes ne contenaient pas de matière sucrée pouvant être intervertie par les acides.

théoriquement 809^{gr},50 d'alcool; on en a retiré 781^{gr},23, un peu moins que les 90 centièmes de ce qu'indiquait la théorie.

On a trouvé moins d'acide dans le cidre qu'il n'y en avait dans le moût. Si l'on représentait par 100 l'acide du moût, on aurait 92,2 pour l'acide du cidre.

La perte de poids de 1^{kil},60 constatée pendant la fermentation doit être attribuéee d'une part au dégagement de l'acide carbonique, de l'autre à l'évaporation que n'a pas empêchée la toile placée sur le vase dans lequel le moût est resté depuis le 27 septembre jusqu'au 29 octobre. Théoriquement, les 781^{gr},23 d'alcool produit auraient dû donner lieu à une élimination de 0^{kil},75 de gaz acide carbonique; le reste de la perte proviendrait de l'eau évaporée.

	kil
Perte totale.	1,60
Perte attribuable à l'acide carbonique......	0,75
Perte attribuable à l'eau.......	0,85

Ce serait 2^{centil},6 d'eau évaporée par jour. Nul doute que cette eau, en se volatilisant, n'ait entraîné une certaine quantité d'alcool.

En trente-deux jours de fermentation, le moût a perdu les 93 centièmes du glucose qu'il renfermait.

Cidre. — *Deuxième expérience :*

Le 22 octobre, on a pris à la gouttière du pressoir 2 litres de moût parfaitement limpides. Les pommes que l'on pressurait, variété amère, d'origine normande, étaient en tas depuis une quinzaine de jours. La fermentation a eu lieu dans un vase étroit, de terre vernissée, dont l'orifice, ayant 8 centimètres de diamètre, était fermé par un couvercle juxtaposé. La température s'est maintenue entre 12 et 14 degrés. Les pommes ne contenaient pas de matière sucrée pouvant être intervertie par l'action des acides.

Le 23, il y avait un commencement de fermentation ; le moût est légèrement trouble.

Le 26, la fermentation était assez active ; l'odeur vineuse s'est manifestée.

Le 3 novembre, le cidre était éclairci.

	lit
Le volume du cidre, y compris la lie, était........	1,52
Le moût....................................	2,00
Diminution de volume	0,48

On a dosé dans 1 litre de liquide :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
22 octobre, moût	100,58	0,00	4,07	0,003
26 octobre, cidre doux	73,23	17,23	4,07	0,000
3 novembre, cidre	22,17	50,50	4,84	0,000

RÉSUMÉ.

	Volumes.	Glucose	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.	Alcool déduit du glucose disparu.
	lit	gr	gr	gr	gr	
22 oct., moût......	2,00	201,16	0,00	8,14	0,0060	
26 oct., cidre doux..	1,84	134,84	31,70	7,49	0,0056	
Différences...		— 66,32	+ 31,70	— 0,65	— 0,0004	gr 33,90
3 nov., cidre	1,52	33,70	76,76	7,36	0,0000	
		— 101,14	+ 45,06	— 0,13	— 0,0056	51,69

En comparant le moût au cidre du 3 novembre, on a :

	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Moût..........	201,16	0,00	8,14	0,006
Cidre.........	33,70	76,76	7,36	0,000
Différences.	—167,46	+76,76	—0,78	—0,006

Le glucose disparu aurait dû donner théoriquement 85gr,59 d'alcool ; on en a obtenu 76gr,76, près des 90 centièmes.

L'acidité aurait diminué pendant la fermentation. En exprimant par 100 l'acide du moût, l'acide du cidre serait 90,4.

Ici encore, comme dans l'expérience précédente, la diminution de volume a été considérable, et due sans doute à l'évaporation, malgré le couvercle juxtaposé sur le vase dans lequel le moût avait fermenté.

En poids, la perte a été.........	480	grammes	en 12 jours.
D'après l'alcool formé, la perte en acide carbonique a pu être de...	74	»	»
Perte attribuable à l'eau....	406	»	»

Soit 4 centilitres par jour.

En douze jours de fermentation, le moût a perdu les 83 centièmes de glucose qu'il contenait.

Cidre. — *Troisième expérience :*

Intervention de la levûre de bière. — Dans 2 litres de moût pris au pressoir le 22 octobre, on délaya 72 centimètres cubes de levûre de bière; le liquide était contenu dans un vase en tout semblable à celui employé dans la deuxième expérience. La fermentation fut très-active le 23; elle se ralentit et avait cessé le 3 novembre. Le 7 novembre, le cidre était d'une remarquable limpidité; l'on sait d'ailleurs que l'addition d'un peu de levûre au jus de pomme hâte la fermentation et contribue en outre à la clarification.

	lit
Le volume du cidre, y compris celui de la lie, était de..	1,810
Le volume du moût mêlé à la levûre...............	2,027
Diminution de volume..........	0,262

Dans 1 litre de liquide, on a dosé :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Moût.....	100,58	0,00	4,07	0,003
Cidre.....	3,52	53,60	4,26	0,000

RÉSUMÉ.

	Volumes.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	lit	gr	gr	gr	gr
22 octobre, moût...	2,072	201,16	0,00	8,14	0,006
7 novembre, cidre...	1,810	5,66	86,30	6,86	0,000
Différences....		— 195,50	+ 86,30	— 1,28	— 0,006

Les 195^{gr},5 de glucose disparu auraient dû former théoriquement 99^{gr},9 d'alcool; on n'en a dosé que 86^{gr},30, à peu près les 86 centièmes. La liqueur fermentée contenait moins d'acide que le moût. En supposant 100 d'acide dans le moût, le cidre n'en renfermait que 84,3.

	lit
Le volume du moût additionné à la levûre était...	2,072
	1,810
Diminution en quatorze jours............	0,262

En poids la perte serait environ.....	262	grammes.
D'après l'alcool formé, il a pu être produit gaz CO^2...............	82	»
Perte attribuable à l'évaporation de l'eau............	180	»

A peu près 1 à 2 centilitres par jour.

En quatorze jours de fermentation, le moût a perdu les 97 centièmes du glucose qu'il contenait.

Dans les trois expériences on a trouvé moins d'acide libre dans le cidre que dans le suc de pommes. Cependant il est incontestable que, pendant la fermentation, il se produit de l'acide succinique, acide dont j'ai reconnu la présence ainsi que celle de la glycérine dans le cidre.

Détermination du gaz dégagé pendant la fermentation du moût de pommes. — Dans les expériences précédentes, on n'a pas mesuré le gaz dégagé pendant la fermentation; le volume en était trop considérable pour qu'on

songeât à le recueillir, et son évaluation exacte, d'après la perte de poids éprouvée par le liquide fermenté, devenait impossible par la raison que cette perte dépendait à la fois et du gaz acide carbonique et de l'eau vaporisée.

Pour mesurer avec précision le gaz produit, on a fait fermenter de petits volumes de moût dans des cloches graduées placées sur le mercure, et dont la division permettait d'apprécier avec exactitude un dixième de centimètre cube. Le 2 novembre, on a pris à la gouttière du pressoir du jus de pommes amères de Normandie; ce liquide était d'un jaune pâle, légèrement trouble; on l'a filtré pour y doser le glucose.

	gr
100 cent. cubes de moût ont donné $C^{12}H^{12}O^{12}$...	11,54
De 100 cent. cubes on a retiré matières sèches..	16,56
Déduisant de la matière séchée à 100 degrés le glucose à l'état de $C^{12}H^{12}O^{12} + 2(HO)$......	12,69
Il reste..................	3,87

pour les matières telles que la gomme, l'acide malique libre, le malate de potasse.

Le même jour, à 11 heures du matin, on a fait passer du moût sous des cloches graduées bien purgées d'air, posées sur la cuve à mercure :

	Cloche A.	Cloche B.
	cc	cc
Moût introduit...............	1,94	0,97
Contenant glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$.....	0,224	0,112

Le 4 novembre, il y avait quelques bulles de gaz rassemblées au sommet des cloches.

Le 5, le gaz ne semblait pas avoir augmenté. Le moût était devenu légèrement trouble.

Le 6, il n'y avait pas eu de changement.

Le 8, on apercevait quelques bulles de gaz sortant du liquide.

Le 9, le volume du gaz parut avoir décuplé.

Le 10, ce volume était sensiblement le même. Depuis le 2 novembre, la température avait oscillé entre 13 et 15 degrés. On a mesuré le gaz en tenant compte de l'acide carbonique dissous dans le liquide, d'après la température, la pression et le coefficient d'absorption.

	Volume du gaz.	Température.	Pression.	Gaz à 0° et pression à $0^m,76$.
	cc	o	m	cc
Cloche A......	6,6	13,0	0,4705	3,9
Gaz CO^2 dissous.				1,2
Gaz total.......				5,1

	Volume du gaz.	Température.	Pression.	Gaz à 0° et pression à $0^m,76$
	cc	o	m	cc
Cloche B.....	3,5	13,0	0,4947	2,2
Gaz CO^2 dissous.				0,7
Gaz total...				2,9

Ce gaz avait presque subitement apparu dans la nuit du 8 au 9 novembre 1864. Plusieurs jours après, son volume ne parut pas avoir changé. Les cloches sont restées jusqu'au 16 mai 1865 dans une pièce dont la température a varié de 12 à 17 degrés.

Le 16 mai, un liquide très-limpide, d'un jaune pâle, surnageait un sédiment, une lie déposée à la surface du mercure.

Pour mesurer le gaz avec précision, il se présentait une difficulté, c'était de connaître la tension du liquide alcoolique renfermé dans les cloches; cette tension devait être plus forte que celle de l'eau. Comme le cidre contient ordinairement $\frac{7}{100}$ volume d'alcool absolu, on a pris directement et simultanément la tension d'un semblable liquide et celle de l'eau. On a trouvé, à 20 degrés, la tension de l'eau plus forte de 6 millimètres de mercure que celle de l'eau pure. La correction pour la tension à 16°,4 est donc devenue 20 millimètres.

16 mai 1865.	Volume du gaz.	Température.	Pression.	Gaz à 0° et pression 0m,76.
Cloche A......	85cc,9	16°,4	0m,6125	65cc,2;
Gaz CO^2 dissous.				1,5
		Gaz total...		66,7; en poids, 0gr,1312
Cloche B......	46cc,0	16°,4	0m,5661	32cc,3
Gaz CO^2 dissous.				0,7
		Gaz total...		33,0; en poids, 0gr,0649

A. De 1cc,94 de moût il est sorti : gaz...... 66cc,7
B. De 0,94 de moût il est sorti : gaz...... 33,0

Les volumes de gaz dégagés, d'abord du 2 au 9 novembre, ensuite du 9 novembre au 16 mai, ont donc été proportionnels aux volumes du moût de pommes introduit dans les cloches.

En cinq mois et demi, la fermentation lente du cidre, à l'abri de tout contact de l'air, semblait achevée. Cependant, ainsi qu'on s'en assura par la liqueur de Fehling, après avoir mesuré le gaz, ce cidre renfermait encore du sucre réducteur en proportion notable. Le sédiment consistait en un réseau organisé, possédant l'odeur bien caractérisée de la levûre de bière. Du 9 novembre au 16 mai, le volume du gaz avait considérablement augmenté, quoique le dégagement gazeux de chaque jour ait été imperceptible.

Durant cette lente fermentation, le gaz acide carbonique a été produit en quantité plus forte que ne le faisait présumer le glucose trouvé dans le moût. Aussi était-il prudent de s'assurer si le gaz mesuré était bien réellement de l'acide carbonique. Dans la cloche A on a fait passer 1 centimètre cube d'une solution concentrée de potasse. L'absorption a été complète, du moins il n'est resté qu'une bulle de gaz dont on n'a pu prendre le volume, qui, par cette raison même, devait être moindre que 0cc,1. Ceci prouve que le gaz mesuré était bien de l'acide carbo-

nique, et, de plus, qu'il a fallu bien peu d'oxygène pour déterminer la fermentation dans les $1^{cc},94$ de moût. En effet, si ce faible résidu gazeux, non absorbable par la potasse, était de l'azote ayant appartenu à de l'air atmosphérique resté dans le moût ou dans la cloche A malgré les soins pris pour l'expulser, il s'ensuit que l'oxygène intervenu n'a pas dépassé le $\frac{1}{5}$ de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube. C'est parce que cette quantité d'oxygène a été aussi minime que le cidre des cloches A et B a conservé la teinte jaune très-pâle du moût de pommes que l'on y avait introduit le 2 novembre 1864. Dans une expérience faite parallèlement, on avait fait passer, dans une cloche renfermant $1^{cc},94$ de moût de pommes, 8 à 10 centimètres cubes d'air. La fermentation ne se déclara pas plut tôt que dans les cloches A et B, où il n'y avait pas d'air; mais le moût prit une teinte plus foncée, celle du cidre ayant fermenté au contact de l'atmosphère.

D'après la formule $C^{12}H^{12}O^{12} = 2(C^4H^4O^2) + 4(CO^2)$, la fermentation A aurait dû donner :

		gr		cc
ner	CO^2	0,1095;	en volume,	54,5
On a eu	CO^2	0,1312	»	66,7
Acide carbonique en excès		0,0217	»	12,2

La fermentation B aurait		gr		cc
dû donner	CO^2	0,0547;	en volume,	27,3
On a eu	CO^2	0,0649	»	33,0
Acide carbonique en excès		0,0102	»	5,7

Rapportant les résultats à 1 gramme de glucose, l'équation indiquait une production d'acide carbonique de $0^{gr},489$; en volume, $248^{cc},6$. 1 gramme de glucose de moût a donné :

Dans la fermentation A	0,586;	en volume,	297,8
Dans la fermentation B	0,579	»	294,2

La différence est forte, comme on voit; elle montre quelle erreur on peut commettre en évaluant le glucose d'une dissolution par l'acide carbonique dégagé pendant la fermentation. Ainsi, dans ce cas, l'acide carbonique recueilli de $2^{cc},91$ de moût de pommes a pesé $0^{gr},1961$, équivalent, suivant la formule, à $0^{gr},401$ de glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Soit, pour 100 centimètres cubes de moût de pommes.	$13^{gr},78$
Par l'analyse on avait trouvé, glucose...........	11,54

EXPÉRIENCES FAITES EN 1865.

Dans la première partie de ces recherches, les moûts mis à fermenter étaient contenus dans des vases à large ouverture, ayant pour fermeture soit une toile tendue, soit un couvercle posé sur l'orifice. C'est la disposition adoptée dans les celliers. Des cuves ayant quelquefois 2 mètres de diamètre sont closes par une simple toile. On a vu que la disparition du liquide attribuable à l'évaporation a été considérable et d'autant plus forte que le volume des liquides était plus restreint; cela devait être, puisque l'évaporation est proportionnelle aux surfaces, et que les surfaces exposées à l'air n'étaient nullement en rapport avec les volumes. Ainsi :

				Diminution.
$13^{lit},50$ de moût de raisin	ont été réduits en	18 jours à	$12^{lit},06$	$= \frac{1}{9}$.
19,37 »	pommes »	28 jours à	17,77	$= \frac{1}{12}$.
2,00 »	» »	12 jours à	1,52	$= \frac{1}{4}$.
2,07 »	» »	14 jours à	1,81	$= \frac{1}{8}$.

Cette forte diminution de volume doit naturellement, comme je l'ai fait remarquer, occasionner une déperdition d'alcool. Dans une fermentation de 15 à 20 hectolitres

de moût, dont la température, ainsi qu'on l'a constaté au Liebfrauenberg, monte à 23, 28 et même 32 degrés, alors que l'air ambiant est à 12 ou 14 degrés, la diminution du liquide doit être très-notable. Lorsque l'on consulte les vignerons sur cette diminution, on n'obtient que des renseignements incomplets, parce qu'ils se rapportent à ce qu'un moût mêlé de rafles produit du vin fermenté; on estime en Alsace que la réduction de volume peut aller à $\frac{1}{5}$; c'est d'après cette estimation que l'on paye le raisin quand on l'achète dans la vigne.

Dans les expériences faites en 1865, la fermentation du moût de raisin a eu lieu dans un vase entièrement clos, et la fermentation des fruits dans des vases fermés ayant une issue très-réduite pour laisser échapper les gaz. Cette dernière disposition est celle qu'adoptent les brûleurs de cerises et de prunes, qui n'ignorent pas combien il est important d'exclure autant que possible l'accès de l'air des vases dans lesquels la fermentation s'accomplit.

Dans cette nouvelle série de recherches on a continué à suivre la marche de la fermentation sur des quantités assez limitées de moût, persuadé qu'on était, que des échantillons d'essais pris dans les grandes cuves ne représentent que très-imparfaitement la constitution d'une masse en fermentation de 15 à 20 hectolitres.

Fermentation du moût de raisin rouge de Lampertsloch.

Le 15 septembre on a introduit, dans un flacon d'une capacité de 5 litres, 2 litres de moût filtré à travers une passoire pour en séparer les grains et les pellicules; ce moût était d'un rouge clair, légèrement trouble. Le flacon a été fermé par un bouchon portant un tube abducteur dont l'extrémité courbée plongeait dans une petite cuve de mercure. Le lendemain, 16 septembre, la fermentation était très-active. Le thermomètre indiquait 20 degrés; le gaz se dégageait sans interruption. Le 17, la fermentation était fort

ralentie ; quelques jours après, une bulle de gaz passait de temps à autre à travers le mercure. Ce dégagement intermittent de gaz continuait encore le 16 octobre, bien que le vin fût presque clair, et sa couleur d'un beau rouge. Le vin, y compris la lie et le ferment, avait un volume de $2^{lit},041$.

Après avoir décanté le vin limpide, pour apprécier le volume des parties molles tenues en suspension, le fond fut jeté sur un linge fin. On retira par ce moyen 105 grammes d'une matière pâteuse d'un rouge violet. Par une dessiccation à l'étuve, on trouva que 100 de cette matière plastique renfermaient 33,75 de substances sèches.

Matière pâteuse........................	105,0
Substances sèches.......................	35,75
Eau et alcool dissipés par la dessiccation....	69,25

On avait constaté que ce vin clair tenait en dissolution par litre 25 grammes de matières solides. La densité du vin ayant été trouvée de 990, les $69^{gr},25$ représentaient un volume de vin de $70^{cc},2$ dans lesquels il entrait $1^{gr},75$ de matières sèches que l'on doit retrancher du total.

	gr
Substances solides...............	35,5
Matières sèches..................	1,75
Il reste....	33,75

pour la partie solide sèche en suspension dans le vin et appartenant aux êtres organisés développés pendant la fermentation.

	lit
Il s'ensuit que dans le vin mesuré..........	2,041
Il y avait, substances sèches en suspension..	0,034
Vin clair.....	2,007

	lit
Dans ce vin clair sont compris $0^{lit},064$ d'eau que l'on avait employés pour lavage, après le mesurage du moût	0,064
Vin produit par 2 litres de moût.............	1,933
Moût..	2,000
Diminution de volume pendant la fermentation.	0,067

Dosé dans 1 litre de liquide :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Moût......	223,47	0,00	3,53	0,070
Vin clair...	7,63	201,25	4,17	0,000

L'année 1865 a été des plus favorables à la vigne; on peut voir combien la température contribue à développer le principe sucré dans le raisin. En 1864, où la récolte fut tardive et la chaleur très-modérée, le moût provenant de la même vigne, du même cépage, contenait par litre :

Glucose.... 183^{gr},13 Acide.... 6^{gr},98

En 1865, chaque litre de moût renfermait en plus :

Glucose... 40^{gr},34 Acide en moins... 3^{gr},45

RÉSUMÉ.

	Volumes.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	lit	gr	gr	gr	gr
15 septembre, moût.	2,000	446,94	0,00	7,06	0,140
16 octobre, vin..	2,007(*)	15,31	201,26	8,36	0,000
Différences....		— 431,63	+ 201,26	+ 1,30	0,140

Les 431^{gr},63 de glucose manquant auraient dû former théoriquement 220^{gr},61 d'alcool : on en a obtenu 201^{gr},26, les 91 centièmes de ce que la théorie indiquait. L'acidité du vin était plus forte que celle du moût; si l'on représente l'acidité du moût par 100, on a pour l'acide du vin 110.

Comme en 1864, les 96 centièmes du glucose avaient disparu pendant la fermentation.

On voit qu'en faisant fermenter le moût en vase parfaitement clos, la diminution de volume n'a plus été que 67 sur 2000, c'est-à-dire de 3 à 4 pour 100, résultat bien différent de celui observé quand la fermentation avait

(*) Ce vin, à l'état où il a été essayé, renfermait 0^{lit},064 d'eau de lavage. Le vin réel avait par conséquent un volume de 1,933.

lieu en vase imparfaitement fermé; mais ce qu'il y a d'assez surprenant, c'est qu'en vase clos le glucose disparu n'a pas donné sensiblement plus d'alcool.

Fermentation des fruits à noyau.

Appréciation de la perte en alcool éprouvée pendant la préparation du kirschenwasser. — Le 26 juin 1865, on a mis 190^{kil},44 de cerises dans un tonneau défoncé, qu'on a fermé avec une toile sur laquelle on a posé le fond du même tonneau. Le 8 août au soir, le brûleur (*brenner*) déclara la fermentation terminée; celles des cerises restées entières et suspendues dans le liquide ne remontaient plus vers la surface quand on les faisait plonger, et une très-mince pellicule blanche recouvrait ce que l'on pourrait appeler le vin de cerise.

	kil
Les cerises fermentées ont pesé......	172,95
Avant la fermentation..............	190,44
Perte en poids....	17,49

A peu près 10 pour 100.

Le jus sorti du fruit pendant la fermentation était trouble, d'un rouge sale, tenant en suspension des fragments de cerises, des lambeaux de cellulose, des cerises ayant conservé leurs formes et encore adhérentes aux noyaux; des noyaux dépouillés de pulpe occupaient le fond du tonneau.

Le dosage ne pouvant porter que sur le jus trouble dans lequel de la pulpe très-divisée se trouvait en suspension, il fallait, pour en avoir le poids, connaître celui des noyaux et des pellicules pesés humides. Dans un essai préliminaire on en avait retiré, de 8^{kil},60 de cerises, 1^{kil},109, soit 12,9 pour 100. Les 190^{kil},44 de cerises mises à fermenter devaient alors en contenir 24^{kil},57.

	kil
Les cerises fermentées pesaient	172,95
Déduisant noyaux et pellicules	24,57
Il reste, pour le liquide fermenté renfermant de la pulpe très-divisée	148,38

Dans 1 kilogramme de ce liquide on a dosé :

Glucose . . . . . $49^{gr},22$ Alcool . . . . . $66^{gr},84$

Dans 1 kilogramme de cerises en nature, on avait trouvé $158^{gr},36$ de glucose.

Des $172^{kil},95$ de cerises fermentées, passées par l'alambic avec les noyaux *intacts* (1), le brûleur a extrait 23 litres de kirsch, marquant 51 degrés à l'alcoomètre de Gay-Lussac, la température étant de 21 degrés.

Soit $48^{o},8$, en ramenant à la température de 15 degrés.

Par litre de kirsch, $387^{gr},5$ d'alcool absolu.

Dans les 23 litres : alcool, $8^{kil},91$.

RÉSUMÉ.

		Glucose.	Alcool.
	kil	kil	kil
Cerises mises à fermenter.	190,44	30,16	0,00
Cerises fermentées	172,95	7,30	9,92
Différences		— 22,86	+ 9,92

Les $22^{kil},86$ de glucose disparus auraient dû donner, d'après la théorie, $11^{kil},68$ d'alcool ; on en a retiré $9^{kil},92$, les 85 centièmes. Pendant la fermentation, un peu plus des 75 centièmes du glucose contenu dans les cerises avaient été modifiés. 25 centièmes de glucose avaient résisté et ont été retrouvés dans le liquide sorti de l'alambic après la distillation. Cependant la fermentation avait été bien conduite et parfaitement terminée ; une membrane blanche, très-mince, qui couvrait le moût fermenté, indiquait que si l'on n'avait pas distillé, la fermentation acétique n'au-

(1) Non concassés.

rait pas tardé à se manifester. Quant à la perte en alcool survenue pendant la distillation, il est facile de l'évaluer en comparant l'alcool trouvé dans le kirsch à celui qui préexistait dans les cerises fermentées.

	Alcool. kil
Dans les $172^{kil},95$ de cerises fermentées, on a dosé..	9,92
Les 23 litres de kirsch qu'on en a retirés contenaient.	8,91
Perte survenue pendant la distillation......	1,01

Cette perte est énorme, puisqu'en définitive on n'a obtenu que les 90 centièmes de l'alcool formé pendant la fermentation ; elle est due, sans aucun doute, à l'imperfection du travail dans la distillation.

Le kirsch produit dans cette opération était d'excellente qualité ; son arome ne laissait rien à désirer ; dans 1 litre, on a dosé $0^{gr},11$ d'acide cyanhydrique ; dans les 23 litres, il y en avait $2^{gr},53$. $1^{kil},01$ d'alcool, perdu en distillant, équivaut à $2^{lit},01$ de kirsch ayant, eu égard à sa nature, une valeur de $6^{fr},50$. Dans une opération dirigée par un brûleur expérimenté, 100 kilogrammes de cerises ont donné 12 litres de kirsch. C'est ce que l'on retire généralement lorsque le fruit est sucré, comme il l'était en 1865.

Le déficit en alcool, constaté dans la préparation du kirsch, est dû à deux causes : à l'imperfection du mode de distillation, et à cette circonstance qu'une partie de la matière sucrée contenue dans les cerises a échappé à la fermentation. Cette circonstance est-elle accidentelle ? C'est à cette question que vont répondre les expériences dont je vais faire connaître les résultats.

Fermentation des merises.

Le 26 juin, l'on a fait la cueillette des merises, variétés de petites cerises noires ; pour avoir un produit homogène, on a écrasé les fruits dans une bâche avec un fouloir ; on a passé à travers un linge pour séparer les noyaux. Le jus

ainsi obtenu était d'un rouge cramoisi très-foncé, très-épais, à cause de la cellulose qu'il renfermait; il avait une saveur fortement sucrée et une odeur d'amandes amères. On a trouvé sa densité de 1091,0. On en a mis $11^{lit},50$ dans un flacon de verre fermé avec un liége dans lequel on avait pratiqué une petite ouverture pour laisser échapper le gaz acide carbonique. La fermentation a été fort lente à se manifester; elle n'a jamais été tumultueuse, bien que la température se soit maintenue entre 20 et 23 degrés.

Fig. 1.



Le 7 juillet, une goutte de la matière, examinée au microscope, a présenté une foule de globules (*fig.* 1) mêlés à des lambeaux de cellulose.

Le 12 juillet, on ne remarquait plus de dégagement gazeux. La matière avait beaucoup perdu de sa viscosité; à la surface, elle était presque liquide, la cellulose et les pellicules étaient descendues vers le fond. Le produit fermenté possédait une odeur vineuse fort agréable; la surface était nette, sans la moindre apparence de mycodermes; son volume a été trouvé de $10^{lit},694$; la densité, après avoir bien mêlé la matière, était 1072,2.

Dans 1 litre on avait dosé :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Pulpe de merises. .	271,66	0,00	6,83	0,0404
Matières fermentées	112,13	84,40	7,04	0,0200

RÉSUMÉ.

	Volumes.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	lit	gr	gr	gr	gr
26 juin, pulpe............	11,500	3124,09	0,00	78,55	0,4646
12 juillet, matière fermentée.	10,694	1199,12	902,40	75,29	0,2139
Différences..........		— 1924,97	+ 902,40	— 3,26	— 0,2507

Les $1924^{gr},97$ de glucose disparus auraient dû fournir $983^{gr},80$ d'alcool; on en a obtenu $902^{gr},40$, les 92 centièmes de l'alcool indiqué par la théorie.

L'acidité a été trouvée un peu moins forte dans la matière fermentée que dans la pulpe.

Si l'on exprime par 100 l'acide des merises, l'acide du produit fermenté sera 95,8.

Pendant la fermentation, les 62 centièmes seulement du glucose dosé par la liqueur de Fehling ont été modifiés; 38 centièmes sont restés intacts dans le produit fermenté. Comme pour les cerises de l'expérience précédente, une partie très-notable du glucoside contenu dans les merises avait échappé à la fermentation.

Dosage de l'acide cyanhydrique dans le kirsch préparé avec les merises. — Ce dosage avait d'autant plus d'intérêt que les cerises n'avaient pas fermenté au contact des noyaux.

On a fait usage du procédé de M. Buignet, consistant à verser dans la liqueur rendue ammoniacale une solution normale et titrée de sulfate de cuivre. En présence de l'acide cyanhydrique, il se produit alors deux actions successives : la première, caractérisée par une formation de cyanure double d'ammoniaque et de cuivre, a pour effet d'opérer la décoloration du sulfate de cuivre ammoniacal, qui se manifeste instantanément, à mesure qu'une goutte de sulfate cuivrique tombe dans la liqueur. La seconde action est caractérisée par la permanence du sulfate de cuivre ammoniacal; elle est l'indice du terme de la formation du cyanure double, de sorte que si l'on connaît la

quantité du sulfate de cuivre ajouté, on en déduit celle de l'acide cyanhydrique qui a concouru à la réaction.

Voici, d'après M. Buignet, comment on procède au dosage de l'acide cyanhydrique par la méthode volumétrique. On prépare une dissolution aqueuse de sulfate de cuivre, de manière qu'un litre de liquide renferme $23^{gr},09$ de sel pur et cristallisé. Cette liqueur cuivrique est faite dans ces proportions, afin que 1 centimètre cube renferme le cuivre nécessaire pour doser $0^{gr},01$ d'acide cyanhydrique.

Le liquide dans lequel il s'agit de doser l'acide cyanhydrique est mis dans un vase de verre à fond plat posé sur une feuille de papier blanc; on opère sur 100 centimètres cubes de liquide, dans lequel on ajoute 10 centimètres cubes d'ammoniaque. La dissolution de sulfate est contenue dans une burette divisée en dixièmes de centimètre cube; on la verse graduellement dans le liquide ammoniacal tant que la teinte bleu céleste qui se développe au contact disparaît par l'agitation. Si pour obtenir la teinte bleue permanente on a employé 76 divisions ($7^{cc},6$) de la dissolution normale de sulfate de cuivre, c'est qu'il y avait dans la liqueur ammoniacale 76 milligrammes d'acide cyanhydrique.

Nous avons cru devoir introduire une légère modification au procédé, tel qu'il a été décrit par M. Buignet. C'est de faire parallèlement à l'essai une expérience à blanc, vraiment indispensable. En voici le motif. L'indice du terme de la formation du cyanure double est très-net; c'est, comme on l'a vu, la teinte bleue persistante due à l'apparition du sulfate de cuivre ammoniacal; mais, pour qu'elle se manifeste à la vue, il faut qu'il y ait une certaine quantité de ce sel double dans le liquide. En d'autres termes, l'*apparition* du sulfate de cuivre ammoniacal n'est pas instantanée; si, par exemple, dans 100 centimètres cubes d'eau pure on ajoute d'abord 10 centimètres cubes d'ammoniaque et qu'on y verse ensuite une goutte, deux gouttes

de dissolution cuivrique normale; chaque goutte, quand elle tombe dans l'eau ammoniacale, développe une teinte bleu céleste qui disparaît par l'agitation, et dont l'extinction cependant n'est occasionnée que par la masse de liquide incolore dans laquelle la parcelle de cuivre est diluée. En fait, pour rendre visible la teinte bleue dans 100 centimètres cubes d'eau chargée d'ammoniaque, il faut introduire de $\frac{3}{10}$ à $\frac{5}{10}$ de centimètre cube de la dissolution normale et titrée de sulfate de cuivre, ce qui impliquerait la présence de 3 à 5 milligrammes d'acide cyanhydrique dans un liquide qui, en réalité, n'en renfermerait pas. Le volume de la dissolution de sulfate de cuivre consommée avant que la teinte bleue apparaisse dans le liquide essayé doit donc être retranché de celui qui sort de la burette dans un dosage d'acide cyanhydrique. C'est une correction à appliquer après un essai préalable.

Dosage de l'acide cyanhydrique dans le kirschenwasser extrait des merises fermentées. — Le kirsch a été obtenu en retirant par la distillation le tiers du liquide fermenté introduit dans l'alambic. Ce kirsch était parfumé, ce qui n'a rien d'étonnant, la liqueur la plus appréciée étant celle que l'on prépare avec les merises.

De 300 centimètres cubes de kirsch mis dans l'alambic d'essai de Gay-Lussac, on a retiré 100 centimètres cubes de liquide distillé, marquant 34°,5 à l'alcoolgrade; la température était 21 degrés.

Ramenant à la température de 15 degrés, on a 31°,9.

C'est en volume 31 centimètres cubes d'alcool absolu dans 100 centimètres cubes du kirsch essayé.

On a pris 50 centimètres cubes du liquide : après y avoir versé 5 centimètres cubes d'ammoniaque, il a fallu ajouter 9 divisions de la solution de sulfate de cuivre pour obtenir la teinte bleue permanente; cette quantité de sulfate cuivrique aurait indiqué 9 milligrammes d'acide cyanhydrique. D'une autre part, on a pris 50 centimètres

cubes d'eau distillée, et, après y avoir introduit 5 centimètres cubes d'ammoniaque, il a fallu $3^{div},5$ de la même dissolution cuivrique pour communiquer à l'eau ammoniacale la même teinte. On a eu ainsi la correction à appliquer au résultat précédent.

50 centimètres cubes de kirsch rendu ammoniacal ont été colorés par.......	9,0	divisions de sulfate.
Correction pour la teinte...	3,5	»
	5,5	accusant $0^{gr},0055$ d'acide cyanhydrique.

Dans 100 centimètres cubes de kirsch, acide cyanhydrique $0^{gr},0110$. Ces 100 centimètres cubes venant de 300 centimètres cubes de liqueur fermentée, il en résulte que, dans la totalité de cette liqueur, $10^{lit},694$, il y avait $0^{gr},392$ d'acide cyanhydrique. Cet acide, ou ses éléments, préexistait certainement dans les pulpes des merises, puisque les noyaux ne sont intervenus ni dans la fermentation ni dans la distillation.

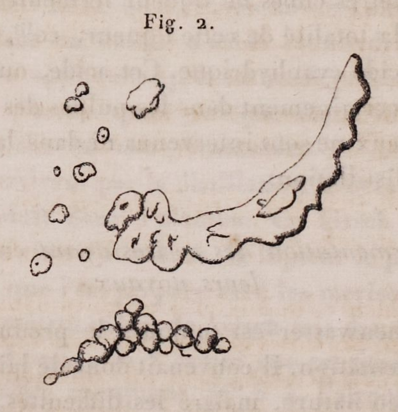
Fermentation des cerises ayant conservé leurs noyaux.

Le kirschenwasser est toujours le produit d'une semblable fermentation. Il convenait donc de laisser fermenter des cerises en nature, malgré les difficultés, les complications que la présence des noyaux apporterait dans les dosages.

A l'époque de la cueillette au Liebfrauenberg, le 26 juin, on mit dans un flacon de verre $8^{kil},520$ de cerises noires séparées de leurs pédoncules. Le vase fut bouché de façon à laisser une issue au gaz acide carbonique. Le 28, les cerises n'avaient pas changé d'aspect, mais elles offraient cependant un singulier spectacle : de chacun des fruits, il n'y avait peut-être pas une exception, sortait une larve de diptère d'à peu près 1 centimètre de longueur. Le 30, ces

larves étaient mortes, asphyxiées sans doute par l'acide carbonique. Au fond du vase, il y avait un liquide rouge foncé. Chaque jour, ce liquide, en augmentant de volume, envahissait les cerises, qui furent bientôt submergées. Le 6 juillet, les cerises ridées à la surface, ayant une teinte brune, étaient en suspension dans un liquide d'un rouge foncé; au fond du flacon, il y avait une zone de liquide de près de 12 centimètres de hauteur; les cerises placées au-dessus du liquide paraissaient blettes, mais on n'apercevait nulle part la trace d'une moisissure. De temps à autre, de chaque fruit l'on voyait sortir des bulles de gaz, qui, en se rassemblant vers le haut, formaient une mousse peu consistante.

Fig. 2.



Le 24 juillet, la fermentation, qui n'avait jamais été tumultueuse, était devenue calme. La mousse avait disparu. On sentait, en débouchant le flacon, une forte odeur de kirsch; les cerises tendaient à descendre vers le fond. Dans une goutte du liquide trouble examinée au microscope, on a reconnu des globules disposés comme dans la *fig.* 2. On boucha le flacon pour se conformer à une pratique des brûleurs, qui est de clore toutes les issues quand la fermentation apparente est terminée.

Le 15 août, les cerises sont ridées, d'un brun sale, et

suspendues dans un liquide rouge-violet, dont elles occupent les deux tiers de la partie supérieure. Les cerises émergées au-dessus du liquide ne diffèrent pas de celles qui sont submergées; leur surface est nette, sans indices de moisissures. L'absence de cryptogames est due vraisemblablement à ce que l'atmosphère était entièrement formé d'acide carbonique. Le bouchon du vase avait une odeur très-prononcée d'acide cyanhydrique.

Le produit fermenté consistait en deux matières distinctes, qu'il fallait nécessairement examiner à part : un liquide d'un beau rouge carmin, et des cerises ayant conservé leurs formes en retenant leur noyau.

Ces matières ont été séparées en les jetant sur une passette en fer-blanc, et laissant égoutter; on a retiré par ce moyen :

	kil
Cerises	3,440
Liquide	4,677
Total	8,117
Les cerises mises à fermenter pesaient	8,520
Perte	0,403

Pour obtenir les matières solubles dans les cerises en nature, on en a broyé 100 grammes dans un mortier de porcelaine, en délayant dans une certaine quantité d'eau, exprimant à travers un linge, mettant de l'eau sur le résidu, exprimant de nouveau, agissant ainsi jusqu'à épuisement, puis ajoutant de l'eau pour obtenir exactement 1 litre de la solution destinée aux dosages. En déterminant le glucose de cette solution avant et après un essai d'interversion, on s'est assuré qu'elle ne contenait pas de substance sucrée ne réduisant pas la liqueur de Fehling. La cerise noire ne contenait pas, par conséquent, de sucre analogue au sucre de canne.

Les substances solubles de 200 grammes de cerises fermentées ont été extraites de la même manière, en les incor-

porant à 1 litre d'eau, dans lequel on a dosé le glucose échappé à la fermentation, l'alcool, l'acidité, et l'ammoniaque ; on a ensuite rapporté les résultats de chaque dosage à 1 kilogramme de matière.

Dans 1 kilogramme on a trouvé :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	gr	gr	gr	gr
Cerises en nature.	158,36	0,00	3,05	0,032
Cerises fermentées.	27,05	29,78	3,72	non dosée
Liquide fermenté.	81,73	62,37	5,17	0,052

RÉSUMÉ.

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	kil	gr	gr	gr	
Cerises fermentées..	3,440	93,05	102,44	12,80	»
Liquide fermenté...	4,677	382,25	291,70	24,18	0,243
Produit fermenté.	8,117	475,20	394,14	36,98	0,243
Cerises avant la fermentation........	8,520	1349,23	0,00	26,00	0,273
Différences.......		— 874,03	+ 394,14	+ 10,98	— 0,030

Les $874^{gr},03$ de glucose disparu auraient dû fournir théoriquement $446^{gr},72$ d'alcool; on en a obtenu $394^{gr},14$, les 88 centièmes.

L'acidité a beaucoup augmenté; si l'on exprime par 100 l'acide des cerises, l'acide du produit fermenté sera 142,0.

Quant à la proportion d'ammoniaque que l'on a dosée dans les produits fermentés, il faut, je crois, l'attribuer à la présence des nombreuses larves de diptères existant dans les cerises et qui ont dû se putréfier dans le cours de la fermentation.

Les 65 centièmes seulement du glucose dosé dans les cerises par la liqueur de Fehling ont été modifiés par la fermentation ; 35 centièmes ont été retrouvés dans le produit fermenté : c'est, à très-peu de chose près, ce que l'on avait déjà constaté dans l'expérience faite sur les merises.

Dosage de l'acide cyanhydrique. — Dans 100 centimètres cubes de kirsch retiré par la distillation et renfer-

mant 19^{gr},37 d'alcool, on a dosé 0^{gr},009 d'acide; c'est pour 100 grammes d'alcool absolu 0^{gr},0464 d'acide. Par conséquent, dans 394^{gr},14 d'alcool produit pendant la fermentation, il y avait 0^{gr},183 d'acide cyanhydrique. Le kirsch obtenu, en le supposant à 50 centièmes d'alcool en volume, aurait renfermé 0^{gr},183 d'acide cyanhydrique par litre. Ce serait un kirsch d'une teneur exceptionnelle en acide cyanhydrique, car il est rare que cette liqueur renferme par litre plus de 0^{gr},12 de cet acide.

La perte en poids éprouvée pendant la fermentation des 8^{kil},520 de cerises a été de 403 grammes. Dans les conditions où l'expérience a été faite, cette perte est surtout attribuable au dégagement du gaz acide carbonique.

Les 394^{gr},14 d'alcool formé font présumer une production d'acide carbonique de..................	377^{gr}
La perte réelle a été.........................	403
La différence	26

provient certainement de l'eau évaporée.

Fermentation des prunes de mirabelle.

En Alsace, le prunier est planté, soit en verger, soit au milieu des terres arables; projetant peu d'ombre, il ne porte pas un grand préjudice à la récolte des plantes cultivées dans sa proximité. Dans les années où ce fruit est abondant, c'est un arbre d'un bon rapport, l'hectolitre de zwetschen valant alors de 5 à 10 francs. L'eau-de-vie de prunes, particulièrement l'eau-de-vie de mirabelles, possède d'ailleurs un parfum, un arome fort apprécié des consommateurs.

Les mirabelles qui ont fait le sujet de cette expérience avaient été cueillies le 17 août; leur maturité était parfaite. Les noyaux ayant été enlevés, la pulpe a été introduite dans un flacon de verre fermé avec un liége, dans lequel on

avait pratiqué une étroite issue pour laisser échapper le gaz.

Les prunes sans noyau pesaient $9^{kil},65$ (1).

Elles occupaient les trois quarts de la hauteur du vase. Immédiatement après leur introduction, et par le seul effet de la légère pression supportée par les fruits placés à la partie inférieure, il s'est épanché du jus d'un jaune pâle, à peu près limpide, qui baignait les prunes jusqu'à une hauteur de 1 décimètre. Le 19 août, le jus était troublé; le 20, la fermentation était plus active, le volume du liquide avait augmenté, les prunes en étaient baignées sur une hauteur de 31 centimètres, bien qu'elles fussent soulevées de quelques centimètres au-dessus du fond. De chaque fragment de fruit il se dégageait de temps à autre quelques bulles de gaz; une mousse peu épaisse était rassemblée à la partie supérieure.

Le 28 août, la masse en fermentation occupait sensiblement le même espace; les mirabelles continuaient à s'élever dans le liquide devenu fort trouble, et le volume de chacune d'elles avait diminué, comme si elles eussent éprouvé une compression. Le jus avait beaucoup augmenté, et les prunes qui continuaient à monter dans ce liquide laissaient continuellement dégager du gaz; au fond du vase, on remarquait un dépôt d'une grande blancheur, ayant l'aspect de l'amidon, ou plutôt de l'inuline. Rien de semblable n'avait été observé pendant la fermentation des cerises. Le 30 août, le dégagement de gaz s'était singulièrement ralenti : chaque bulle paraissait adhérer aux fruits. Le 8 septembre, la fermentation paraissait terminée. Les prunes suspendues dans le liquide tendaient à descendre, elles n'émettaient plus de gaz; celles qui se trouvaient les plus rapprochées de la surface avaient acquis une teinte brune, occasionnée probablement par l'air, qui, à cause de la lenteur du dégagement d'acide carbonique, avait pénétré

(1) Les noyaux, séchés à l'air, ont pesé 480 grammes.

dans le flacon. Le sédiment blanc, dont l'épaisseur ne dépassait pas quelques millimètres, était recouvert de lambeaux de cellulose. Du 17 août au 8 septembre, la température s'est maintenue entre 20 et 24 degrés.

En débouchant le flacon on sentait une odeur vineuse dans laquelle on reconnaissait le parfum de la mirabelle.

La matière fermentée ayant été jetée sur une passette, on a retiré :

	kil
Un liquide jaune	5,660
Pulpe égouttée	3,470
	9,130
Les prunes avant la fermentation	9,650
Différence	0,520

Dosages faits dans les mirabelles sans noyau. — 200 grammes de mirabelles ont été broyés avec de l'eau et exprimés. Les opérations ont été réitérées jusqu'à ce qu'on eût fait passer la totalité des principes solubles dans 1 litre de liquide A.

Dans 100 centimètres cubes de liquide A, renfermant les principes solubles de 20 grammes de mirabelles sans noyau, on a dosé le glucose par la liqueur de Fehling, on a trouvé :

	Glucose. gr
I	1,772
II	1,632
III	1,713
IV	1,772
V	1,660

Dans 1 kilogramme de mirabelles, glucose 85,55.

Cette proportion de glucose paraissait bien faible en raison de la saveur fortement sucrée du fruit ; on a supposé qu'il y avait dans les mirabelles une matière sucrée n'agissant pas sur la liqueur cuivrique ; on a interverti le

liquide A en l'acidulant par quelques centièmes d'acide chlorhydrique, faisant bouillir, et, après le refroidissement, ramenant au volume initial.

Dans 100 centimètres cubes de liquide A interverti, renfermant les principes solubles de 20 grammes de mirabelles sans noyau, on a dosé :

	Glucose.
	gr
I	34,730
II	34,266

	gr
Dans 1 kilogramme de mirabelles, glucose	172,49
Dans 1 kilogramme avant l'interversion	85,55
Glucose développé	86,94

Si ces $86^{gr},94$ de glucose provenaient de la transformation du sucre $C^{12}H^{11}O^{11}$, il en résulterait que dans 1 kilogramme de pulpe de mirabelles il y aurait eu $82^{gr},59$ de sucre ne réduisant pas la liqueur de Fehling.

Dans 1 kilogramme de mirabelles sans noyau on a dosé :

	gr
Acide exprimé en SO^3HO	2,97
Ammoniaque	0,0332

Mirabelles après la fermentation. — Partie liquide pesant $5^{kil},660$; densité = 1,031 ; dosé dans 100 centimètres cubes de liquide pesant $103^{gr},1$:

	Glucose.
	gr
I	1,195
II	1,254
III	1,142
Dans 1 kilogramme	11,61

Dans 1 kilogramme de liquide dosé :

	gr
Acide exprimé en SO^3,HO	8,97
Ammoniaque	0,006
Alcool	50,57

Dosage fait sur la pulpe restée sur la passette, et pesant 3^{kil},470. — Dans 1 kilogramme dosé :

	gr
I. Glucose	9,39
II	9,26
Moyenne	9,32
Acide exprimé en SO^3,HO	8,20
Alcool	27,20

RÉSUMÉ.

Après la fermentation :

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
	kil	gr	gr	gr	gr
Liquide....	5,660	65,71	286,23	50,77	0,034
Pulpe......	3,470	32,34	94,38	28,45	
Total....	9,130	98,05	380,61	79,22	0,034

Avant la fermentation :

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.	Ammoniaque.
Mirabelles.	9,650	1664,53	0,00	28,96	0,320
Différ..	— 0,520	— 1566,48	+ 380,61	+ 50,26	— 0,286

Ce résultat fait ressortir un déficit considérable en alcool, en même temps qu'un développement anormal d'acidité. En effet, les 1566^{gr},48 de glucose disparu auraient dû donner 800^{gr},63 d'alcool ; or, on en a seulement obtenu 380^{gr},61, les 48 centièmes de ce qu'indiquait la théorie. Si l'acide des prunes était représenté par 100, l'acide du produit fermenté le serait par 273. Après la fermentation, le jus sorti des mirabelles n'était pas visqueux, il n'émettait pas d'odeur de vinaigre ; rien, en un mot, ne laissait présumer une fermentation anormale d'acide lactique ou d'acide acétique.

Durant la fermentation, les 62 centièmes du glucose contenu dans les prunes, après l'interversion, ont été modifiés :

	gr
Les mirabelles ont perdu en poids par la fermentation	520
Les 380^{gr},61 d'alcool produit font supposer une émission en acide carbonique de	364
Différence attribuée à l'eau évaporée en 22 jours	156

Par jour 7 centimètres cubes.

Ce qui manque en alcool dans les mirabelles fermentées, eu égard au glucose qu'elles contenaient, est tel, que l'on est amené à se demander si la matière sucrée intervertie était en totalité du sucre analogue au sucre de canne pouvant éprouver, on le sait, la fermentation alcoolique, bien qu'il ne réduise pas la liqueur de Fehling. En d'autres termes, la question serait de savoir si la matière sucrée intervertie pour les essais en glucose réducteur du liquide cuivrique, possède la faculté de fermenter dans l'état où elle se rencontre dans les mirabelles; car si cette matière n'est pas fermentescible à la manière du sucre de canne, on concevrait que la proportion de glucose assignée aux mirabelles par ces essais, après l'interversion, était évidemment trop élevée, et que, par suite, la fermentation n'ayant pas fait disparaître autant de glucose qu'on le supposait, la proportion d'alcool que l'on avait constaté s'éloignerait moins du nombre théorique. En faveur de cette supposition, il y a que, si dans la discussion de l'expérience on fait intervenir uniquement le glucose préexistant dans le fruit sans tenir compte de celui qu'on y développe par l'action des acides, l'on trouve alors une relation assez satisfaisante entre le glucose disparu et l'alcool apparu. Ainsi, dans ces conditions, c'est-à-dire en admettant $85^{gr},55$ de glucose dans 1 kilogramme de fruits, ce que l'on y a dosé avant qu'on eût interverti, on aurait :

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide.	Ammoniaque.
	kil	gr	gr	gr	gr
Mirabelles...........	9,650	825,55	0,00	28,96	0,320
Après la fermentation.	9,130	98,05	380,61	79,22	0,034
Différences.......	— 0,520	— 727,50	+ 380,61	+ 50,26	— 0,286

Les $727^{gr},5$ de glucose disparu auraient dû produire 372 grammes d'alcool ; on en a eu $380^{gr},6$, un peu plus que le nombre théorique, ce qui impliquerait la présence d'une certaine quantité d'un sucre fermentescible ne réduisant pas la liqueur de Fehling, mais en proportion

bien moindre que celle déduite du dosage fait après l'interversion par un acide.

Il y a donc, sur la manière dont on doit interpréter les résultats de la fermentation des prunes, une certaine incertitude. Y a-t-il eu destruction d'une forte quantité d'alcool ou bien le fruit ne contenait-il pas la proportion de sucre fermentescible non réducteur déduit de l'analyse après l'interversion ? De nouvelles expériences dissiperont cette incertitude. Mais quant à la possibilité de commettre une erreur dans la détermination du sucre analogue au sucre de canne dans un fruit, il convient, je crois, de la signaler dès à présent.

Si le fruit renferme du sucre fermentescible non réducteur, le procédé que l'on a suivi ne laisse rien à désirer. On a fait deux dosages par la liqueur de Fehling : le premier a donné une certaine quantité de glucose, le second a été fait après l'action de l'acide et a donné une quantité de glucose plus élevée ; l'excès représente donc la proportion de $C^{12}H^{11}O^{11}$ que l'interversion a transformée en $C^{12}H^{12}O^{12}$. Il n'en est plus ainsi dans le cas où le fruit renferme, mêlé à du glucose, un principe sucré non fermentescible et non réducteur, mais pouvant être changé, par l'action des acides, en une matière réduisant la liqueur cuivrique. L'essai tendrait à faire considérer cette matière comme préexistant dans le fruit à l'état de sucre de canne, et devant, par conséquent, produire de l'alcool par la fermentation. Or, on connaît diverses substances ne fermentant pas spontanément, ne réduisant pas la liqueur de Fehling, et qui, néanmoins, quand une fois dissoutes on les fait bouillir pendant très-peu de temps avec un acide, se changent en un glucoside et réduisent alors la liqueur cuivrique. Dans ce cas, un essai aurait pour résultat de doser trop haut la matière sucrée fermentescible du fruit, puisqu'il ferait prendre pour du sucre analogue au sucre de canne une matière ne pouvant fournir d'alcool par

la raison qu'elle échappe à la fermentation tant qu'on ne l'a pas transformée en glucose par l'intervention d'un acide. Supposons, par exemple, qu'il y ait de la gomme dans le suc d'un fruit, cette gomme, quand on fera bouillir le suc, après l'avoir acidifié par l'acide chlorhydrique ou sulfurique dans le but d'intervertir, fournira du glucose réduisant la liqueur cuivrique, précisément comme l'eût fait par exemple le sucre de canne avec lequel on la confondra si l'on s'en rapporte à l'essai. Mais cette gomme ne fermentera pas, et la proportion d'alcool que l'on obtiendra du fruit sera nécessairement inférieure à celle que l'on devait atteindre d'après le glucose dosé en bloc, c'est-à-dire après l'interversion. J'ai cité la gomme parce que le résultat singulier de la fermentation des mirabelles m'a porté à rechercher si la gomme qui quelquefois exsude si abondamment des pruniers, des cerisiers, réduisait la liqueur de Fehling et si, par l'action des acides, elle était facilement changée en glucose. J'ai trouvé l'un et l'autre : à l'état normal, elle réduit une certaine quantité de liqueur cuivrique, et quand on l'a traitée par un acide dilué elle en réduit davantage.

Gomme de prunier. — Recueillie au mois de septembre, elle était transparente, peu colorée en jaune rougeâtre ; mise dans l'eau bouillante elle a formé un mucilage que l'on a jeté sur un linge. La solution ne précipitait pas par le sous-acétate de plomb ; elle a réduit la liqueur de Fehling ; l'acide oxalique y occasionne un léger trouble.

Essayée comparativement, une solution de gomme arabique a précipité le sous-acétate de plomb, elle n'a pas agi sur la liqueur cuivrique ; l'acide oxalique y a formé un précipité.

Dosage du glucose dans la solution de la gomme de prunier. — 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling étant réduits par du sucre interverti représentant $0^{gr},0514$

de $C^{12}H^{12}O^{12}$, il a fallu $4^{cc},25$ de la solution gommeuse pour réduire 10 centimètres cubes de la liqueur cuivrique.

Il en résulte que dans 100 centimètres cubes de la solution il y avait $1^{gr},209$ d'une matière se comportant comme la glucose.

En évaporant à l'étuve, à la température de 100 degrés, 100 centimètres cubes de la solution gommeuse, on a eu un résidu d'un jaune très-pâle transparent, fendillé, ressemblant à un enduit de gomme arabique.

	gr
Ce résidu a pesé..............	4,647
Incinéré, il a laissé : cendres....	0,133
Matière privée de cendres......	4,514

dans lesquels il y avait 1,209 de glucose, ou d'une matière agissant comme le glucose sur la liqueur cuivrique; soit 26,78 pour 100 de la gomme dissoute.

En dialysant la solution gommeuse, on a obtenu un liquide agissant beaucoup plus activement sur la liqueur de Fehling. Il existe donc dans la gomme de prunier, et je puis ajouter dans la gomme de cerisier, un principe analogue au glucose, principe que l'on n'a pas rencontré dans la gomme arabique.

Il restait à savoir si en faisant agir un acide dilué sur la solution de gomme de prunier on y développerait le principe analogue au glucose.

1 gramme de gomme pulvérisée a été délayé dans 100 centimètres cubes d'eau chaude; après avoir ajouté 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique fumant, on a fait bouillir pendant un quart d'heure; puis, ce liquide étant refroidi, on l'a ramené au volume initial de 100 centimètres cubes par une addition d'eau.

10 centimètres cubes de liqueur de Fehling employée pour le dosage étaient réduits par 6 centimètres cubes d'une solution de sucre de canne interverti par l'acide et équivalent à $0^{gr},0631$ de glucose.

Il a fallu $7^{cc},8$ de la solution de gomme traitée par l'acide chlorhydrique pour réduire 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling.

Il en résulte que dans 100 centimètres cubes de la solution ou dans 1 gramme de gomme de prunier il y avait $0^{gr},809$ d'un principe réducteur comme le glucose. Dans 1 gramme de gomme, il y avait $0^{gr},03$ de cendre; c'est donc réellement dans $0^{gr},97$ de gomme que l'on a dosé $0^{gr},81$ de glucose; avant de faire réagir l'acide chlorhydrique, les $0^{gr},97$ de gomme ne contenaient que $0^{gr},26$ du principe agissant à la manière du glucose : il s'en est donc formé $0^{gr},55$.

Comme terme de comparaison, on a fait une expérience semblable sur la gomme arabique.

1 gramme de gomme a été dissous dans 100 centimètres cubes d'eau. Cette solution ne réduisait pas la moindre quantité de liqueur cuivrique. On y a ajouté 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique; on a fait bouillir pendant un quart d'heure, après le refroidissement on a ramené à 100 centimètres cubes. 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling étant réduits par $0^{gr},0630$ de glucose, l'ont été par $8^{cc},6$ de la solution de gomme traitée par l'acide chlorhydrique. Dans 100 centimètres cubes de cette solution = 1 gramme de gomme arabique, il se trouvait par conséquent $0^{gr},734$ d'un principe réducteur comme le glucose.

On voit avec quelle promptitude un acide minéral dilué transforme les gommes en une substance analogue au glucose. Dès lors, si, en intervertissant un suc de fruit par l'action d'un acide, il y a développement d'une forte proportion de glucose, on n'est pas suffisamment autorisé à l'attribuer à une modification de sucre de canne, ou à toute autre substance sucrée fermentant avant l'interversion, puisqu'il est des matières capables de devenir réductrices par l'intervention des acides et qui, néanmoins, à l'état où elles se trouvent dans le fruit, échappent à la fermentation. En un

mot, on ne doit pas, d'après un dosage opéré après l'interversion, en déduire la quantité totale de sucre fermentescible contenue dans un moût mis à fermenter. Dans des recherches du genre de celles dont il est question dans ce Mémoire, le dosage par la liqueur de Fehling ne présentera une entière sécurité qu'autant que l'action d'un acide ne déterminera pas un développement de glucose, ainsi que cela est arrivé pour le raisin, pour les pommes à cidre, pour les cerises; et même alors, comme il ressort de l'ensemble de ce travail, le dosage par la liqueur cuivrique n'indiquera pas toujours la proportion réelle de la matière sucrée susceptible de subir la fermentation, par la raison qu'il y a des glucosides réducteurs qui cependant ne fermentent pas, que l'on retrouve dans le liquide alcoolique, et que, sans un plus ample examen, l'on considère comme étant en somme du glucose échappé à l'action du ferment. Dans tous les produits fermentés examinés dans le cours de ce travail, on a, en effet, reconnu la présence d'une matière réduisant la liqueur de Fehling. Résumons la proportion de cette matière trouvée après la fermentation en la comparant à celle du glucose dosé dans les fruits.

Fermentation.	Glucose dans le moût ou dans le fruit.	Glucose dans le produit fermenté.	Différences.	Durée de la fermentation (1)
	gr	gr	gr	
1. Moût de pommes..	1836,28	135,05	1701,23	32 jours.
2. Moût de pommes..	201,16	33,70	167,46	11 »
3. Moût de pommes..	201,16	5,66	195,60	15 »
4. Moût de raisin....	2472,22	47,50	2424,72	18 »
5. Moût de raisin....	446,94	15,31	431,63	31 »
6. Merises..........	3124,09	1199,12	1924,97	16 »
7. Cerises noires.....	1349,23	475,20	874,03	19 »
8. Mirabelles.......	1664,53	98,05	1566,48	22 »

(1) Par *durée de la fermentation* on entend ici le temps écoulé entre le commencement et la fin de l'expérience. La fermentation active des moûts était terminée en quelques jours. La fermentation de la pulpe des fruits a été généralement lente.

Rapportant ces résultats à 100 de glucose contenu dans les moûts ou dans les fruits :

	Glucose dosé après la fermentation.	Glucose détruit pendant la fermentation.
1. Pommes.........	7,3	92,7
2. Pommes.........	16,7	83,3
3. Pommes.........	2,8	97,2
4. Raisin..........	1,9	98,1
5. Raisin..........	3,4	96,6
6. Merises..........	38,4	61,6
7. Cerises....	35,2	64,8
8. Mirabelles.......	5,9	94,1

Si l'on excepte les cerises, le glucose préexistant dans les fruits a été en grande partie détruit pendant la fermentation, et il est à présumer que les quelques centièmes de la matière sucrée restée dans le vin et dans le cidre aurait fini par disparaître par suite de la fermentation lente. En ce qui concerne le vin de cerises dans lequel on a retrouvé plus du tiers du glucose contenu dans le fruit, il y a tout lieu de penser que le sucre réducteur qu'on y a constaté n'était pas fermentescible. Lorsqu'on a mis fin aux expériences, le liquide était clair et conservé en vase clos pendant plus d'un mois, c'est à peine s'il a laissé dégager quelques bulles de gaz. L'alcool n'a pas augmenté. On pouvait croire que si la matière sucrée avait résisté, c'était uniquement parce qu'il y avait eu insuffisance de ferment. Cependant la lie déposée au fond du liquide éclairci était volumineuse, elle avait l'aspect et l'odeur bien caractérisée de la levûre, et l'on a eu la preuve que la persistance de la matière sucrée réductrice ne dépendait pas de cette cause par l'expérience que voici : dans 1 litre de la partie liquide des cerises et des merises fermentées, on a délayé 50 centimètres cubes de levûre de bière fraîche; dans 1 litre d'eau sucrée renfermant 100 grammes de sucre de canne, on a délayé

50 centimètres cubes de la même levûre : dans l'eau sucrée la fermentation s'est manifestée quelques heures après; elle était terminée le troisième jour.

Dans les liquides fermentés provenant des cerises, il n'y a pas eu le moindre indice de fermentation; le huitième jour on vit apparaître quelques moisissures. Ces liquides réduisaient la liqueur de Fehling comme avant l'addition de la levûre.

Ainsi, dans ces expériences, 82 grammes de sucre réducteur provenu des cerises noires, 112 grammes de sucre réducteur provenant de merises, n'ont pas fermenté sous l'influence de la levûre de bière. 8 litres de liquide fermenté provenant des cerises et des merises, et traités préalablement par la levûre pour faire disparaître le glucose fermentescible qui pouvait y être resté, ont été passés à travers un linge et évaporés jusqu'à consistance d'un sirop épais fortement coloré, d'une saveur à la fois sucrée et acide. Laissé en repos pendant quinze jours, on n'a pas obtenu de cristaux. Il était difficile de pousser plus loin la concentration du sirop, parce qu'il se formait des écumes brunes dues sans doute à une matière gommeuse qui se caramélisait. Par des traitements alcooliques, en faisant intervenir la magnésie comme décolorant, on est parvenu à isoler une substance cristalline ayant une saveur fraîche et sucrée; mais cette substance, d'ailleurs peu abondante, est-elle réellement du glucose, ou bien un glucoside réducteur ne fermentant pas, analogue à la sorbine rencontrée par M. Pelouze dans le sorbier des oiseleurs? Ou bien enfin la matière sucrée que l'on trouve dans les cerises fermentées est-elle tout simplement du glucose ou plutôt de la lévulose dont la résistance à l'action de la levûre dépend de quelque circonstance passée inaperçue? C'est ce que je me propose d'examiner ultérieurement.

Dans l'alcool retiré des mirabelles sans noyau mises à fermenter, on ne découvrit pas la moindre trace d'acide

cyanhydrique. On a vu cependant que cet acide existait dans l'alcool provenant de la pulpe de merises dont on avait extrait les noyaux. C'est là une différence essentielle entre les deux produits alcooliques. Il restait à savoir si les prunes, en fermentant avec leurs noyaux, fournissaient de l'acide cyanhydrique. L'essai a été fait sur de l'eau-de-vie de prunes (*zwetschenwasser*) obtenue d'une vingtaine d'hectolitres de prunes traités par le procédé ordinaire, c'est-à-dire qui avaient fermenté en cuve avec les noyaux. Cette eau-de-vie ayant acquis une teinte jaune, par suite du séjour en futailles, fut d'abord soumise à la distillation; de 300 centimètres cubes distillés dans l'alambic de Gay-Lussac on retira 200 centimètres cubes d'alcool parfaitement incolore ayant à un haut degré le parfum de la prune, sans avoir la moindre odeur caractéristique du kirschenwasser.

On ajouta dans 100 centimètres cubes d'alcool de prunes 10 centimètres cubes d'ammoniaque.

Dans 100 centimètres cubes d'eau on ajouta aussi 10 centimètres cubes d'ammoniaque. Pour développer la nuance bleue permanente dans les 100 centimètres cubes d'eau, il a fallu y verser 4 divisions de la liqueur cuivrique, dont une division représentait 1 milligramme d'acide cyanhydrique. Pour développer la même nuance dans les 100 centimètres cubes d'alcool de prunes, il a fallu également 4 divisions de la liqueur cuivrique. Il n'y avait donc pas d'acide cyanhydrique dans l'alcool essayé. Ainsi :

1° Dans l'alcool provenant de la fermentation des merises sans noyau, il y a de l'acide cyanhydrique;

2° Dans l'alcool provenant de la fermentation des cerises noires avec noyau, il y a de l'acide cyanhydrique ;

3° Dans l'alcool provenant de la fermentation des prunes sans noyau, il n'y a pas d'acide cyanhydrique;

4° Dans l'alcool provenant de la fermentation des prunes avec noyau, il n'y a pas d'acide cyanhydrique. Ce-

pendant, comme je m'en suis assuré, les amandes des noyaux de prunes donnent, quand elles sont convenablement traitées et distillées avec de l'eau, autant et même plus d'acide cyanhydrique que les amandes des noyaux des cerises. La pulpe des merises, et probablement aussi la pulpe des cerises noires, contiendraient donc les éléments de l'acide cyanhydrique, qui ne se trouveraient pas dans la pulpe de prunes, et il n'est nullement certain que les mêmes éléments se rencontrent dans la pulpe des cerises rouges. Le kirschenwasser préparé avec ces fruits est d'une qualité fort inférieure, et pour le rehausser, le brûleur fait intervenir des noyaux concassés lorsqu'il procède à la distillation. C'est, assure-t-on, par un semblable moyen que l'on obtient un faux kirschenwasser, en distillant soit les prunes fermentées, soit le zwetschenwasser avec des noyaux de cerises écrasés. Toutefois, on n'a ainsi que des produits peu estimés, n'ayant de commun avec le véritable kirschenwasser obtenu des merises que l'acide cyanhydrique qu'on y a introduit.

Il résulte de ces recherches, faites surtout à un point de vue pratique, que la différence très-considérable constatée au Liebfrauenberg pendant la préparation du kirsch, entre le degré alcoolique retiré par la distillation et le degré alcoolique calculé d'après la teneur des cerises en glucose, n'est pas uniquement attribuable, ainsi qu'on le croyait, à des pertes occasionnées par le peu de soin apporté à la conduite des opérations, à l'imperfection des appareils. Cette différence est due à ce que, en dosant par la liqueur de Fehling le glucose dans les cerises, on confond réellement deux sortes de sucre réducteur, l'un fermentescible, l'autre résistant à la fermentation, et par cela même ne contribuant en aucune façon à la production de l'alcool; c'est cette matière sucrée que l'on a retrouvée intacte dans les cerises fermentées, où elle représentait plus du tiers du glucose dosé dans les fruits.

SUR

LA SENSATION DE CHALEUR

QUE LE GAZ ACIDE CARBONIQUE FAIT NAITRE DANS SON CONTACT AVEC LA PEAU.

Dans une Notice fort intéressante sur les bains et les douches de gaz acide carbonique que depuis plusieurs années on administre aux malades dans les divers établissements thermaux d'Allemagne, M. le Dr Herpin (de Metz) rapporte que la première impression qu'on éprouve en pénétrant dans la couche de gaz est une sensation de chaleur douce et agréable, analogue à celle que produirait un vêtement épais de laine fine ou de ouate. A cette sensation succède un picotement, un fourmillement, et, plus tard, une sorte d'ardeur comparable à celle que détermine un sinapisme. A Marienbad, Carlsbad, Kissingen, etc., etc., on emploie le gaz carbonique, tantôt pur, tantôt mélangé en proportions plus ou moins fortes avec de l'air ou avec du gaz sulfhydrique (1).

Je n'ai pas l'intention d'intervenir dans la question médicale; je me propose uniquement de raconter comment j'ai eu l'occasion de constater, à une époque où elle n'avait pas encore été nettement signalée, la sensation de chaleur que provoque sur la peau le contact du gaz acide carbonique; et, dans ce que je vais exposer, les praticiens trouveront peut-être un utile avertissement.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 26 mars 1855.

Dans la Cordillère du *Quindiu* (Nueva Granada), il y a un gisement de soufre présentant cette curieuse particularité d'être placé dans un schiste micacé. La chaîne de montagnes où est ouvert le passage du *Quindiu* sépare la vallée de la *Magdalena* de la vallée du *Cauca*, et c'est à la deuxième étape, à partir de la petite ville d'Ibagué, que l'on rencontre la soufrière où je me trouvais pour la première fois le 30 décembre 1826. L'*azufral* est situé dans une gorge profonde creusée dans un schiste fortement carburé. Près d'un torrent est élevé un hangar où se trouvent tous les ustensiles nécessaires pour la fusion et la purification du soufre que l'on exploite dans les nombreuses fissures de la roche où il est déposé à l'état pulvérulent. Ces fissures exhalent un gaz à odeur d'acide sulfhydrique ; leur exploitation a lieu le plus généralement à ciel ouvert, quelquefois par des galeries dont la longueur n'atteint jamais plus de 2 à 3 mètres, par la raison qu'une fois engagé dans les travaux le mineur est obligé de retenir sa respiration. Dans les excavations faites à la surface du sol, on voyait des insectes, des serpents, des oiseaux qui avaient été tués par les vapeurs méphitiques. Un peu au-dessus du torrent de l'*azufral*, dans une exploitation abandonnée, excavation à peu près circulaire ayant $1^{m},65$ de diamètre, près de 2 mètres de profondeur, j'ai porté un tube gradué disposé pour recueillir du gaz et un thermomètre. En descendant et pendant le temps très-court que j'employai pour établir les instruments, je ressentis une chaleur suffocante que j'évaluai à 40 degrés centigrades et un picotement très-vif dans les yeux. Un jeune botaniste, mort il y a quelques années victime de son dévouement à la science, M. Goudot, qui m'accompagnait dans cette expédition, était resté au bord de la crevasse. Il remarqua que mon visage était devenu fortement coloré ; lorsque je sortis, je transpirais abondamment. Nous attribuâmes le premier effet à la suspension de la respiration, et la transpiration nous parut

résulter tout naturellement de la température du milieu dans lequel j'avais été plongé.

Une heure après, je redescendis pour retirer les instruments. J'éprouvai précisément la même suffocation, le même picotement dans les yeux; mais quelle ne fut pas ma surprise lorsque je reconnus que le thermomètre indiquait seulement 19°,5. Au même instant, sur un thermomètre exposé à l'air libre et à l'ombre, M. Goudot lisait 22°,2. Ainsi, l'atmosphère dans laquelle, d'après mes sensations, j'avais éprouvé une chaleur accablante, était, en réalité, moins chaude que l'atmosphère extérieure.

Une analyse, faite sur place, a donné pour la composition du gaz que j'avais puisé dans l'excavation :

Acide carbonique..........	95
Air atmosphérique.........	5
Acide sulfhydrique........	traces
	100

A peu de distance du lieu où cette première observation avait été faite, je remarquai une autre fouille dirigée sur une fissure d'où sortait du gaz acide carbonique : dans l'espèce de tranchée pratiquée par les mineurs (*azufreros*), il y avait beaucoup de soufre déposé sur la roche, et sur des feuilles sèches, sur des débris de branches que le vent avait poussés en cet endroit. Lorsqu'on plongeait le bras nu dans cette cavité on ressentait une chaleur que l'on estimait à environ 40 degrés. Cependant, au fond de la tranchée, la température ne dépassait pas 18°,2, tandis qu'à l'air libre et à l'ombre, un thermomètre indiquait 23°,3.

30 ou 40 mètres plus haut, la roche n'a plus le brillant du graphite, elle est en couches verticales et ses feuillets sont souvent contournés autour de nombreux nodules de quartz blanc. La crevasse où je suis parvenu est ouverte dans le plan de la stratification du schiste; elle avait alors

1 mètre de hauteur, $0^{m},65$ de largeur et $2^{m},6$ de profondeur. En pénétrant par cette étroite ouverture, j'eus la même sensation de chaleur, le même picotement dans les yeux, que j'avais déjà éprouvé. La chaleur paraissait même plus élevée lorsque l'on tenait seulement la partie inférieure du corps dans la crevasse. On s'imaginait alors prendre un bain d'air chauffé à 45 ou 50 degrés. Mais je ne ressentis pas, et M. Goudot ne ressentit pas davantage, cette sorte d'ardeur que M. Herpin compare à celle qui accompagne les désagréables commencements d'un sinapisme. Peut-être le bain n'avait-il pas été suffisamment prolongé; peut-être aussi, et c'est là le plus probable, que la vie dans les forêts et dans les Cordillères, que les habitudes que l'on contracte en résidant au milieu d'un monde très-intéressant sans doute, mais chez lequel le vêtement le plus indispensable est considéré comme un objet de luxe, font perdre à la peau une partie de sa sensibilité.

Le 26 mai 1827, je me trouvai de nouveau à l'*azufral*. Dans deux des excavations que n'avaient pas bouleversées les travaux exécutés pour l'extraction du soufre, le thermomètre marqua 18°,3 et 19°,4, la température de l'air étant de 20 degrés. Cette fois, c'était dans la saison pluvieuse; pour arriver à la soufrière, j'avais été obligé de traverser, non sans peine, le torrent de l'étroite vallée; les eaux, très-hautes en ce moment, étaient à 14 degrés, température relativement froide si on la compare à celle de la vallée de la Magdalena (27 à 28 degrés) que je venais de parcourir. En sortant du torrent, je m'empressai de me réchauffer en prenant un bain froid de gaz acide carbonique; j'en éprouvai l'effet le plus agréable. En janvier 1830, je retournai à l'*azufral* du Quindiu, pour en faire une étude toute spéciale au point de vue géologique. Après une heureuse tentative, qui néanmoins exigea huit jours de pénibles efforts, j'eus le bonheur d'atteindre les neiges éternelles du pic de Tolima et de constater que le volcan qu'elles recouvrent

est encore en pleine activité. En descendant vers la *quebrada* de San-Juan, je pus suivre les trachytes depuis le sommet de la Cordillère jusqu'à leur contact avec les micaschistes de l'*azufral* que la masse trachytique a évidemment redressés en les brisant lors de sa tuméfaction ou de son soulèvement. L'apparition des vapeurs sulfureuses et du gaz acide carbonique dans les roches schisteuses de l'*azufral* du Quindiu est donc due tout simplement à un phénomène volcanique dont la cause réside dans les trachytes du Tolima.

Près du volcan j'ai reconnu d'abondantes émanations de soufre que les *azufreros* du Quindiu se sont empressés d'exploiter ; découverte utile en ce qu'elle a mis les ouvriers à l'abri des inconvénients graves, on peut même dire des dangers, auxquels ils sont exposés quand ils travaillent dans une atmosphère de gaz acide carbonique. En effet, les *azufreros* finissent presque tous par éprouver un affaiblissement des organes de la vue, qui, trop souvent, va jusqu'à la cécité. Aussi les aveugles ne sont pas rares parmi les mineurs de l'*azufral* du Quindiu.

Quand il eut connaissance de ces observations, M. Herpin communiqua à l'Académie des Sciences une Note que je crois devoir reproduire ici :

« Pour ce qui a rapport à l'action du gaz acide carbonique sur l'organe de la vue, les faits constatés par M. Boussingault sont d'une haute importance au point de vue médical. Ce qu'il a dit de l'affaiblissement de la vue et de la cécité prématurée, observés chez les ouvriers qui travaillent dans les mines où se dégage une grande quantité d'acide carbonique, doit fixer d'une manière toute particulière l'attention des médecins attachés aux établissements où l'on administre le gaz acide carbonique sous forme de douches dans certaines maladies des yeux ; car c'est précisément contre l'affaiblissement de la vue ou l'amblyopie que l'on fait usage, en Allemagne, des

douches de gaz acide carbonique appliquées sur les yeux mêmes.

» Lorsqu'on expose l'œil à l'action d'un jet de gaz carbonique, on éprouve un picotement très-vif, une sensation d'ardeur et même de brûlure si intense, que l'on peut à peine supporter pendant deux ou trois secondes l'action d'un faible courant de gaz : les larmes coulent en abondance, la cornée devient très-brillante, les mouvements de l'iris sont plus rapides, la vue devient plus claire et plus perçante.

» Pour modérer l'action trop vive du jet de gaz sur les yeux, on agit d'abord sur les paupières fermées, on diminue plus ou moins la force du jet ; on éloigne plus ou moins le malade de l'orifice par lequel s'échappe le fluide élastique ; on interpose un écran de gaze ou de mousseline entre l'œil et l'ajutage ; on donne à celui-ci une forme évasée comme celle d'un entonnoir, etc. ; enfin, on suspend l'opération et on la recommence à plusieurs reprises et à des intervalles plus ou moins éloignés.

» On évite de donner des douches de gaz acide carbonique sur les yeux lorsqu'il y a une disposition inflammatoire de l'organe ou même des parties avoisinantes ; car la chaleur et l'excitation produites par le gaz pourraient quelquefois donner lieu à des congestions dangereuses (1). »

Les émanations, les sources abondantes de gaz acide carbonique se rencontrent fréquemment dans les contrées volcaniques.

Lorsque j'explorai les cratères de l'équateur, on me signala une localité où les animaux ne pouvaient rester impunément : c'est le Tunguravilla, situé à peu de distance du volcan de Tunguragua, et que je visitai en décembre 1831.

---

(1) Herpin, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XL, p. 1101.

Nos chevaux nous indiquèrent bientôt que nous approchions ; ils n'obéissaient plus à l'éperon, levaient la tête par saccades et de la manière la plus déplaisante pour le cavalier. La terre était jonchée d'oiseaux morts, parmi lesquels se trouvait un magnifique coq de bruyère que nos guides s'empressèrent de ramasser. Il y avait aussi dans les asphyxiés plusieurs reptiles et une multitude de papillons. La chasse fut bonne, le gibier ne parut pas trop faisandé. Un vieil indien Quichua, qui nous accompagnait, assurait que, lorsqu'on voulait dormir longtemps et paisiblement, il fallait faire son lit sur le Tunguravilla.

Cette émanation délétère se manifeste, autant que j'ai pu en juger, par la stérilité dont le sol est frappé sur une étendue de quelques centaines de mètres carrés ; elle était surtout très-intense sur un point où l'on voyait plusieurs grands arbres renversés, desséchés et presque enfouis dans la terre végétale, ce qui implique que ces arbres avaient vécu là où ils sont tombés depuis l'éruption du gaz acide carbonique. Le gaz de la Tunguravilla est de l'acide carbonique plus ou moins mélangé d'air, selon la distance à laquelle il est pris au-dessus du sol, mais il ne contient pas la moindre trace d'acide sulfhydrique.

Breislak, en visitant la grotte du Chien près Naples, avait certainement remarqué l'effet produit par le gaz acide carbonique sur la peau. Voici comment il s'exprime dans la relation de son voyage dans la Campanie (1) :

« L'entrée dans la mofette s'annonce par une sensation de chaleur aux pieds et à l'extrémité des jambes, qui n'a rien d'incommode. Le même effet se fait sentir dans les grandes mofettes de Latera et du duché de Castro. Nombre d'observations faites dans la grotte du Chien m'ont assuré que l'exhalaison y avait une chaleur propre diverse de celle de l'atmosphère, et que j'ai trouvée répondre à

(1) T. II, p. 54.

environ 3 degrés Réaumur. J'ai répété plusieurs fois cette observation en faisant usage de thermomètres différents, sachant que M. Murray, lorsqu'il fit ses expériences dans la grotte du Chien, avait trouvé que cet air n'exerçait aucune action sur le mercure du thermomètre. »

Ce passage de Breislak est passablement obscur; cependant il semblerait indiquer que ce géologue attribuait la sensation de chaleur qu'il avait éprouvée dans la mofette à une température propre, supérieure à celle de l'air de 3 à 4 degrés centigrades, différence évidemment trop faible pour expliquer la chaleur ressentie aux pieds et à l'extrémité des jambes. L'observation de Murray est, au contraire, concluante. Ce voyageur avait trouvé que la mofette possédait la même température que l'atmosphère; il est clair alors que la sensation de chaleur occasionnée sur les organes par la mofette ne pouvait être attribuée à une température propre, mais, ainsi que je l'ai reconnu dans l'*azufral* du Quindiu, comme on le reconnaît maintenant tous les jours dans les établissements thermaux, à l'action du gaz acide carbonique froid sur la peau.

STATIQUE

DES

CULTURES INDUSTRIELLES.

LE TABAC.

J'ai entrepris de faire la statique des cultures industrielles de l'Alsace, c'est-à-dire de déterminer ce qu'exigent et consomment d'engrais les cultures dont l'objet n'est plus la production des céréales ou des fourrages, mais des plantes qui sont les matières premières de certaines industries. Dans l'année qui vient de s'écouler, je me suis occupé du tabac. Il restera à traiter successivement du houblon, du chanvre, du lin, de la garance, etc. Des recherches du même genre, si elles étaient entreprises dans diverses localités, fourniraient, sans aucun doute, des faits intéressants à l'agronomie.

C'est une opinion adoptée par tous les cultivateurs et justifiée d'ailleurs par la pratique, que les cultures dites *industrielles* épuisent considérablement le sol ; aussi ne sont-elles adoptées que là où il est possible de se procurer du fumier en abondance, ou bien encore dans les contrées où les terres sont naturellement douées d'une fertilité exceptionnelle. Au reste, pour plusieurs de ces cultures, c'est peut-être moins une dépense définitive qu'une avance d'engrais, car, après la récolte, le sol est encore tellement fécond, que l'on en obtient, sans le fumer, de riches moissons de froment.

La question de savoir si le cultivateur prête seulement ou donne en totalité l'engrais à la culture industrielle ne

pouvait être résolue qu'en dosant les éléments assimilés par la plante. Dans une étude de cette nature, je n'ai pas voulu être obligé de recourir aux autres pour obtenir les renseignements précis dont j'avais besoin. J'ai obtenu de l'Administration l'autorisation de planter du tabac sur une parcelle de 18^{ares},45. C'est dans cette plantation, fort limitée sans doute, mais bien cultivée, que j'ai pris les données qui sont la base de ce travail.

Le sol étant parfaitement préparé, fortement fumé avec du fumier de la ferme et des vidanges de latrines, on y a repiqué des plants élevés en pépinière. Ce repiquage a été exécuté le 15 juin.

État de la plantation le 8 *juillet* 1857.

La pièce de 18^{ares},45 portait 5740 plants. Sur 1 hectare on en aurait eu 31111. Les plants étaient garnis de 6 à 8 feuilles, dont les plus avancées avaient 25 centimètres de longueur, sur 15 centimètres de plus grande largeur. On a marqué un assez grand nombre de plants de même hauteur, de même aspect : c'était dans ces plants que l'on devait prendre ceux que l'on examinerait plus tard.

Poids et constitution du plant de tabac enlevé le 8 *juillet.*

Le 8 juillet, on a enlevé 5 plants qu'on a fait sécher à l'air. Après un mois d'exposition, ils avaient une couleur brune et l'apparence, la flexibilité du tabac séché par les planteurs. Coupés très-menu, deux de ces plants ont été portés à l'étuve chauffée à 110 degrés.

Après dessiccation, les deux plants ont pesé :

Feuilles	^{gr} 6,130
Tiges et racines	2,285
	8,415

Pour 1 plant :

Feuilles	3,065 gr
Tiges et racines	1,142
	4,2075

Dosage de l'azote. — Acide sulfurique normal équivalant à azote 0gr,04375.

Matière sèche :

Feuilles	0,728 gr
Tiges et racines	0,272
	1,000

Titre de l'acide :

Avant	28,8 cc		
Après	27,5		
Différence.	1,3	équivalant à azote.	0,0008 gr
On avait ajouté une première pipette d'acide équivalant à			0,04375
			0,04455 = azote

Un plant moyen et sec de tabac enlevé le 8 juillet, pesant 4gr,2075, contenait : azote 0gr,18744.

Dosage de la potasse. — Incinéré :

Feuilles	5,402 gr
Tiges et racines	2,013
	7,415 de plants séchés à 110 degrés.

Les cendres ont été traitées par 40 centimètres cubes d'eau. On a titré l'alcali dans 10 centimètres cubes de la dissolution, après avoir expulsé l'acide carbonique par l'ébullition lorsqu'on eut ajouté l'acide. La pipette d'acide sulfurique normal équivalait à potasse 0gr,05893. On emploie deux pipettes d'acide.

Titre de l'acide :

Avant........	29,15 cc		
Après........	11,50		
Différence...	17,65	équivalant à potasse.	0,03568 gr
Pour la première pipette d'acide............			0,05893
Potasse dans 10 centimètres cubes de dissolution.			0,09461
Dans 40 centimètres cubes de dissolution.....			0,37844
Dans un plant sec arraché le 8 juillet et pesant 4gr,2075, potasse..................			0,21473
Pour 100................		5,103.	

Dosage de l'acide phosphorique. — Les cendres lessivées, d'où l'on avait enlevé la potasse, ont été traitées par l'acide chlorhydrique. Après s'être assuré qu'il y avait un excès de chaux dans la dissolution, on a précipité par l'ammoniaque bien caustique. On a obtenu phosphate basique de chaux, 0gr,220, représentant ce sel dans 7,415 de plants secs.

Le plant moyen pesant 4gr,2075, on a, pour le phosphate, 0gr,1248, équivalant à acide phosphorique 0gr,0572.

Pour 100 : 1,36.

Dosage du carbone et de l'hydrogène. — La matière placée dans une nacelle de platine, est brûlée dans un courant d'oxygène sec. On a pris des parties proportionnelles de feuilles, de tiges et de racines du tabac demeuré à l'air, et contenant, par conséquent, l'eau qu'il aurait perdue par une dessiccation à 110 degrés.

Tabac coupé en petits morceaux mis à dessécher...	0,600 gr	Brûlé.....	0,807 gr
Tabac contenant, en matière sèche................	0,508	Sec......	0,683
Eau.....................	0,092	Eau à ôter.	0,124

Par la combustion, on a obtenu :

Acide carbonique.....	$0^{gr},705$ =	carbone...	$0^{gr},1923$
Eau condensée.......	0,310		
Eau à retrancher.....	0,124		
Eau dosant l'hydrogène.	0,186 =	hydrogène.	0,02067

Cendres restées dans la nacelle de platine, $0^{gr},170$.

Comme ces cendres, très-alcalines, retenaient de l'acide carbonique provenant de la combustion du carbone et ayant par conséquent échappé au dosage, on a dû déterminer le poids de cet acide.

Dosage de l'acide carbonique contenu dans les $0^{gr},17$ de cendres alcalines.

Acide carbonique $0^{gr},032$ = carbone..	$0^{gr},0087$
Carbone déjà obtenu................	0,1923
Dans $0^{gr},683$ de tabac sec, carbone...	0,2010

Matières minérales contenues dans le tabac sec, déduction faite de l'acide carbonique uni aux carbonates, et provenant de la combustion du carbone de la matière organique.

$0^{gr},683$ de tabac sec ont laissé, cendres.....	$0^{gr},170$
L'acide carbonique contenu était..........	0,032
Substances minérales, acide carbonique déduit.	0,138
Pour 100 de la plante sèche............	20,20
100 de plante sèche contiennent potasse....	5,10
Substance minérale, moins la potasse.......	15,10
100 de plante sèche contiennent acide phosphorique........................	1,36
Substances minérales moins la potasse et l'acide phosphorique........................	13,74

Composition du tabac arraché le 8 juillet.

	Pour 100 parties de tabac sec.		Pour un plant de tabac sec pesant $4^{gr},207$.
			gr
Carbone	29,45		1,2389
Hydrogène	3,03		0,1275
Azote	4,45		0,1872
Oxygène (?)	42,87		1,8036
Acide phosphorique	1,36	20,20	0,0572
Potasse	5,10		0,2146
Autres substances minérales.	13,74		0,5781
	100,00		4,2075

Le dosage du carbone n'a présenté aucune difficulté; cependant j'ai été frappé de la forte proportion d'oxygène dosée dans le tabac. En effet, si l'on calcule la composition de la matière organique de la plante, déduction faite de la matière minérale, on trouve, dans 100 parties:

Carbone	36,91
Hydrogène	3,80
Azote	5,58
Oxygène	53,71
	100,00

Le 8 juillet, le plant de tabac repiqué depuis le 15 juin pesait sec $4^{gr},2075$:

	gr
Poids du plant sec	4,2075
Carbone assimilé	1,2393
Azote assimilé	0,1872
Acide phosphorique	0,0572
Potasse	0,2146

Dans les 5740 plants contenus sur $18^{ares},45$:

	kil
Poids des plants secs.........	24,151
Carbone....................	7,114
Azote......................	1,074
Acide phosphorique...	0,328
Potasse....................	1,232
Autres substances minérales....	3,318

Poids et constitution du plant de tabac le 30 *juillet.*

Du 8 au 30 juillet, la plantation avait fait de grands progrès. On procédait au *pincement;* les bourgeons floraux étaient apparents.

J'ai enlevé un des plants qu'on avait marqués le 8; sa hauteur était de 60 centimètres ; le diamètre de la tige, mesuré au collet de la racine, $2^c,5$.

Le chevelu des racines avait au maximum 30 centimètres. Comme la plupart des autres plants de la culture, il portait 14 feuilles.

La plus développée avait 45 centimètres de longueur; 30 centimètres à sa plus grande largeur.

Après dessiccation à l'étuve chauffée à 110 degrés, on a pesé :

	gr
Feuilles.....................	35,46
Tige........................	13,40
Racines et chevelu............	3,82
La plante sèche...............	52,68

Dosage de l'azote.—Soumis à l'analyse en matière sèche :

	gr
Feuilles...........	0,673
Tiges............	0,254
Racine......................	0,073
	1,000

Acide sulfurique normal équivalant à azote $0^{gr},04375$.

Titre de l'acide :

Avant..........	$\overset{cc}{34,8}$		
Après..........	2,7		
Différence.....	32,1	équivalant à azote.	$\overset{gr}{0,04036}$

Le plant enlevé le 30 juillet, pesant $52^{gr},68$, contenait azote $2^{gr},1262$.

Dosage de la potasse. — Incinéré ce qui restait après le dosage de l'azote : $51^{gr},68$ de plante sèche. Les cendres ont pesé $10^{gr},75$. La moitié des cendres obtenues, $5^{gr},375$, ont été traitées par 50 centimètres cubes d'eau. On a titré 10 centimètres cubes de la dissolution. La pipette de l'acide sulfurique employé équivalait à potasse $0^{gr},05893$; on a employé 4 pipettes d'acide; on a chassé l'acide carbonique.

Titre de l'acide :

Avant.......	$\overset{cc}{29,15}$		
Après.......	9,275		
Différence..	19,875	équivalant à potasse.	$\overset{gr}{0,04018}$

Pour les trois premières pipettes d'acide déjà introduit............................	0,17679
Dans 10 centimètres cubes de la dissolution, potasse................................	0,21697
Dans les 50 centimètres cubes de dissolution, potasse............................	1,08485
Dans les $10^{gr},750$ de cendres, répondant à $51^{gr},68$ de plante sèche....	2,16970
Dans le plant sec entier, pesant $52^{gr},680$, potasse..............................	$\overset{gr}{2,17300}$
Dans 100 parties de la plante sèche, potasse..	4,12500

Dosage de l'acide phosphorique. — On a retiré des cendres lessivées pour en doser l'alcali, représentant la moitié des cendres provenant de 51gr,68 de plante sèche :

	gr
Phosphate de chaux tribasique	0,709
Contenant acide phosphorique	0,3247
Dans la totalité des cendres employées, acide phosphorique	0,6494
Dans les cendres du plant, pesant 52gr,680	0,6620
Dans 100 parties de la plante sèche, acide phosphorique	1,2566

Carbone et hydrogène. — Malheureusement, je n'ai pu doser ces éléments, la totalité de la plante ayant été brûlée après qu'on eut prélevé ce qui était nécessaire pour le dosage de l'azote. J'ai pris, pour le carbone et l'hydrogène, les résultats moyens fournis par les plants de tabac enlevés le 10 septembre.

Dosage des substances minérales autres que l'acide phosphorique et la potasse. — Dans le plant sec pesant 52gr,680 :

Cendres		gr 10,958	acide CO^2 non déduit
Potasse dosée	gr 2,173		
Acide phosphorique	0,662		
Acide carbonique de la potasse	0,950		
	3,785	3,785	
Matières minérales, acide phosphorique et potasse déduits		7,173	
Dans 100 parties de plante sèche		13,615	

Composition du tabac enlevé le 30 juillet.

	Dans 100 parties du plant sec.	Dans le plant de tabac pesant 52gr,680.
		gr
Carbone	32,56 (1)	17,153
Hydrogène	3,49	1,839
Azote	4,04	2,128
Oxygène	40,91	21,551
Acide phosphorique	1,26	0,664
Potasse	4,12	2,170
Autres substances minérales	13,62	7,175
	100,00	52,680

Abstraction faite des substances minérales, on aurait pour la composition de la matière organique :

Carbone	40,2
Hydrogène	4,3
Azote	5,0
Oxygène	50,5
	100,0

Le 30 juillet, le plant enlevé pesait, sec. 52gr,680

	gr
Poids du plant	57,153
Carbone	16,496
Azote	2,128
Acide phosphorique	0,664
Potasse	2,170
Autres substances minérales	7,173

(1) Carbone et hydrogène estimés d'après le carbone et l'hydrogène dosés dans les plants du 10 septembre.

Dans les 5740 plants contenus sur 18^{ares},45 :

	kil
Poids des plants secs........	302,38
Carbone..................	98,458
Azote....................	12,215
Acide phosphorique.........	3,811
Potasse..................	12,456
Autres substances minérales....	41,173

Poids et constitution des plants de tabac, le 10 septembre.

Le 10 septembre on commence la cueillette.

L'Administration avait fixé le nombre de feuilles à livrer à 11 pour chaque plant.

Malgré la sécheresse extraordinaire qui avait régné presque sans interruption depuis le commencement de la culture, le tabac était magnifique; il avait supporté, sans souffrir, l'insolation la plus intense; les champs offraient cependant un aspect assez triste : les feuilles des topinambours, des betteraves, des pommes de terre, flétries et pendantes durant le jour, ne se redressaient que par les rosées abondantes qu'elles recevaient dans la nuit.

Le 10 septembre, j'ai arraché un des plants désignés le 8 juillet.

	gr		gr
Les feuilles vertes ont pesé.	1652	Séchées à l'étuve..	207,8
La tige a pesé...........	959	»	136,1
Le corps de la racine.....	212	»	40,1
Le chevelu de la racine....	209	»	26,8
Poids du plant vert.......	3032	Poids du plant sec.	410,8

Dosage de l'azote dans la plante sèche.

On prend des parties proportionnelles.

		gr
Matière sèche :	feuilles...........	0,5059
»	tiges.............	0,3313
»	corps de la racine...	0,0976
»	racine et chevelu...	0,0652
		1,0000

Acide sulfuriq. normal : une pipette équivalant à azote.			0,04375 gr
Titre de l'acide : avant.	32,65 cc		
» après.	7,60		
Différence...	25,05	équivalant à azote.	0,03356
Dans le plant enlevé le 10 septembre, pesant sec 410gr,80, azote			13,7865

Dosage de la potasse.

On prend des parties proportionnelles.

Incinér. de la plante séchée; brûlé :		feuilles	8,093 gr
»	»	tiges	5,301
»	»	corps de racine...	1,562
»	»	racine et chevelu..	1,044
			16,000

Cendres, presque blanches, ont pesé 2gr,165; elles renfermaient cependant encore un peu de charbon.

Traité les 2gr,165 de cendres par 250 centimètres cubes d'eau.

On a déterminé la proportion d'alcali sur 20 centimètres cubes de la dissolution.

Acide sulfurique normal, équivalant à potasse			0,1475 gr
Titre de l'acide : avant.	33,5		
après.	23,4		
	10,1	équivalant à potasse.	0,04435
Dans 250 centimètres cubes de dissolution, provenant de cendres 2gr,165		potasse.	0,5544
Dans le plant entier, pesant 410gr,8		potasse.	14,2342

Pour 100 : 3,46.

Dosage de l'acide phosphorique.

Les 2gr,165 de cendres dont on avait extrait la potasse

par la lixiviation et qui provenaient de 16 grammes de tabac sec, ont été traités par l'acide chlorhydrique, et le phosphate précipité par l'ammoniaque exempte de carbonate. On s'était assuré qu'il y avait de la chaux en excès dans la cendre.

On a obtenu $0^{gr},307$ de phosphate de chaux basique.

Dans les cendres de 16 grammes de tabac sec :

Acide phosphorique....... $0^{gr},1406$

Dans les $410^{gr},8$ de tabac sec, poids du plant arraché le 10 septembre :

Acide........ .... $3^{gr},611$

Pour 100 : 0,88.

Dosage du carbone et de l'hydrogène.

Opéré sur 1 gramme de matière, en prenant des parties proportionnelles :

Tabac sec :	feuilles.................	gr 0,5059
»	tige....................	0,3313
»	corps de la racine........	0,0976
»	racine et chevelu.........	0,0652
		1,0000

Carbone. Acide carbonique obtenu. gr 1,239 = carbone.	gr 0,3379
Hydrogène. Eau obtenue......... 0,337 = hydrog..	0,0374
Substances minérales. Il est resté dans la nacelle de platine, cendres..........................	0,1700
Acide carbonique dosé dans les cendres............	0,0330
Substances minérales, acide carbonique déduit......	0,1370
Les $0^{gr},033$ d'acide carbonique retenu dans les cendres renfermaient : carbone......................	0,0090
Carbone dosé directement.........................	0,3379
Total du carbone...	0,3469

Matières minérales contenues dans le plant de tabac sec.

100 de plante sèche ont laissé :

	gr
Cendres	17,00
Acide carbonique contenu	3,30
Substances minérales, déduction faite de l'acide carbonique	13,70

100 de la plante sèche contiennent :

Acide phosphorique	0,88	4,34
Potasse	3,46	
Substances minérales dans 100 de plant de tabac, déduction faite de l'acide phosphorique et potasse		9,36

Composition du plant de tabac enlevé le 10 septembre.

	Dans 100 de tabac sec.	Dans le plant pesant sec $410^{gr},8$.
		gr
Carbone	34,69	142,506
Hydrogène	3,74	15,364
Azote	3,36	13,803
Oxygène	44,51	182,847
Acide phosphorique	0,88	3,615
Potasse	3,46	14,214
Autres substances minérales	9,36	38,451
	100,00	410,800

Abstraction faite des substances minérales, on aurait pour la composition de la matière organique de la plante :

Carbone	40,2
Hydrogène	4,3
Azote	3,9
Oxygène	51,6
	100,0

Dans le plant enlevé le 10 septembre, et pesant sec 410gr,800, il y avait :

	gr
Carbone	142,506
Azote	13,803
Acide phosphorique	3,615
Potasse	14,214
Autres substances minérales.	38,451

Dans les 5740 plants contenus sur 18ares,45 :

	kil
Poids des plants secs	2358,00
Carbone	817,98
Azote	79,23
Acide phosphorique	20,75
Potasse	81,59
Autres substances minérales.	220,71

Développement du tabac pendant la culture.

Pour se former une idée de la rapidité de la croissance de l'organisme végétal, il suffit de comparer ce qu'étaient le poids et la composition du plant de tabac le 8 juillet, le 30 juillet et le 10 septembre.

Époques de l'enlèvement du plant.	Age du plant (1).	Poids du plant desséché.	Carbone assimilé.	Azote assimilé.	Acide phosphorique assimilé.	Potasse assimilée.
		gr	gr	gr	gr	gr
8 juillet	22 jours.	4,21	1,24	0,19	0,06	0,21
30 juillet	44 jours.	52,68	17,15	2,13	0,67	2,17
Acquis en 22 jours.		48,47	15,91	1,94	0,61	1,96
10 septembre	86 jours.	410,80	142,51	13,80	3,61	14,21
Acquis en 42 jours.		358,12	125,36	11,67	2,94	12,04
Acquis en 64 jours.		406,59	141,27	13,61	3,55	14,00

(1) Compté du jour où il a été repiqué.

Ainsi, chaque jour, et en moyenne, du 8 au 30 juillet, la plante a fixé :

	gr
Potasse....................	0,089
Acide phosphorique..........	0,028
Azote......................	0,088
Carbone....................	0,769

Du 30 juillet au 10 septembre, la plante a fixé chaque jour, et en moyenne :

	gr
Potasse....................	0,292
Acide phosphorique..........	0,071
Azote......................	0,278
Carbone....................	2,985

Pendant toute la durée de la végétation, chaque jour, en moyenne :

	gr
Potasse....................	0,219
Acide phosphorique..........	0,555
Azote......................	0,213
Carbone....................	2,207

D'après les quantités de carbone fixées, on voit que chaque plant de tabac a décomposé par jour :

Du 8 au 30 juillet :

Acide carbonique....... $2^{gr},82 = 1^{lit},434$

Du 30 juillet au 10 septembre :

Acide carbonique...... $10^{gr},95 = 5^{lit},567$

Du 8 juillet au 10 septembre :

Acide carbonique....... $8^{gr},09 = 4^{lit},113$

Ce sont là les résultats de ce que je crois pouvoir appeler la *partie physiologique* de ce travail. Ils indiquent évidemment qu'à l'exception des principes assimilables fournis par l'atmosphère, tels que le carbone de l'acide carbonique et l'infime quantité d'azote contenue dans

l'ammoniaque et les composés nitrés apportés par les météores, c'est dans le fumier, c'est dans la terre que la plante a puisé les matériaux de son organisme. La potasse, l'acide phosphorique, l'azote ont été fixés chaque jour à peu près dans les mêmes rapports ; et comme on ne saurait attribuer aux sels de potasse, aux phosphates, une origine atmosphérique, il est bien naturel d'admettre que la plus grande partie de l'azote assimilé pendant cette culture rapide gisait dans le sol à côté des substances minérales.

En appliquant les résultats déduits de l'expérience physiologique à une plantation de 1 hectare, on comprend tout de suite combien la terre doit être fortement fumée pour fournir dans un intervalle de temps aussi court une aussi grande quantité de matériaux assimilables.

Le 10 septembre, les 5740 plants venus sur le champ d'expérience comprenant une surface de $18^{ares},45$, s'ils eussent été semblables aux échantillons prélevés, auraient pesé secs

			Carbone.	Azote.	Acide phosphorique.	Alcali.	Autres substances minérales.
	kil		kil	kil	kil	kil	kil
	2358,00	contenant :	818,00	79,23	20,75	81,59	220,71
Le 8 juillet...........	24,51	»	7,11	1,07	0,33	1,23	3,32
Acquis en 64 jours....	2333,49	»	810,89	78,16	20,42	80,36	217,39
En moyenne, par jour.	36,43	»	12,67	1,23	0,32	1,26	3,40

Par alcali, il faut entendre la potasse et la soude qui, dans les plants, constituaient soit des sels à acides organiques, soit des nitrates produisant par le fait de la combustion des carbonates alcalins. Les nitrates formés dans le sol par le phénomène de la nitrification se rencontrent dans tous les végétaux. J'ai été curieux de doser l'acide nitrique contenu dans la récolte de tabac. J'ai trouvé qu'un plant enlevé le 10 septembre en renfermait plus de 2 pour 100.

Comme, en comptant seulement à partir du 15 juin, époque du repiquage, la culture n'a pas duré plus de quatre-

vingt-six jours, il y a eu d'assimilé par les plantes, en moyenne et toutes les vingt-quatre heures :

	kil
Potasse	0,95
Acide phosphorique	0,24
Azote	0,92
Carbone	9,51

En rapportant à l'hectare contenant 31 111 plants qui, le 10 septembre, devaient peser secs 12780 kilogrammes, on aurait, pour les éléments fixés dans la végétation :

	kil
Potasse	442
Acide phosphorique	112
Azote	429
Carbone	4434

Ce carbone représente 8266 mètres cubes de gaz acide carbonique, et puisque depuis la mise des plants en terre il s'écoule à peu près trois mois, il interviendrait chaque jour, en moyenne, environ 92 mètres cubes de gaz acide.

J'admets dans cette discussion que la totalité du carbone assimilé par les plantes a le gaz acide carbonique pour origine, parce que je ne connais pas une observation assez nette et assez complète pour établir que les matières organiques carbonées renfermées dans le sol, les acides bruns, par exemple, leur fournissent directement du carbone. Je crois que le carbone de ces matières doit d'abord être brûlé, constituer du gaz acide carbonique, avant d'entrer dans l'organisme végétal. Les expériences de Théodore de Saussure, de M. Soubeiran, de M. Malaguti, montrent bien sans aucun doute que l'extrait de terreau, l'humus, les acides bruns rendus solubles à la faveur d'un alcali, sont absorbés, mais elles ne prouvent pas autre chose que le fait de l'absorption des ulmates dissous, puisqu'elles ne disent pas ce que deviennent les ulmates après l'absorption. J'ai d'ailleurs démontré qu'un végétal acquiert un accroissement

normal quand il ne reçoit autre chose que des phosphates, des sels alcalins, du nitrate de potasse fonctionnant comme un engrais azoté, de l'eau pure et de l'acide carbonique, le seul de ces agents capable de lui fournir, dans ces conditions, le carbone nécessaire à son organisation.

La quantité considérable de gaz acide carbonique que décomposent chaque jour les plants cultivés sur 1 hectare est sans doute fournie en partie par les engrais. Il a été prouvé, en effet, que l'atmosphère confinée d'une terre bien fumée contient jusqu'à 10 pour 100 en volume de ce gaz, alors que l'air extérieur, qui, à la vérité, se renouvelle incessamment, n'en renferme pas au delà de 4 pour 10000 (1). Cette production de gaz acide carbonique dans les interstices d'un sol ameubli par la charrue est la conséquence de la combustion lente que subissent, sans interruption aucune, les matières organiques, les acides bruns, et c'est là évidemment l'utilité incontestable des principes carburés du terreau et fumier.

La décomposition de l'acide carbonique, opérée par les plantes, a lieu par l'action que la lumière solaire exerce sur leurs parties vertes. On conçoit dès lors que, pour enlever en un seul jour le carbone à 92 mètres cubes de ce gaz, les feuilles doivent présenter une surface extrêmement étendue.

Détermination de la surface des feuilles des plants de tabac.

On a mesuré la surface des feuilles le 10 septembre, au moment où on allait les cueillir pour les porter au séchoir.

En moyenne, chacun des plants avait 11 feuilles commerciales.

Les onze feuilles détachées de l'un des plants désignés le

---

(1) Boussingault et Lewy, *Sur la constitution de l'air confiné dans la terre végétale.*

8 juillet ont été classées, d'après leurs dimensions, en quatre catégories.

Une feuille de chaque catégorie a été étendue sur du papier; on en a tracé le périmètre, puis on a découpé le papier de manière que sa surface représentât exactement celle de la feuille. On avait constaté préalablement ce que pesait 1 mètre carré du papier employé. On connaissait donc la surface de la feuille par le poids qui la représentait.

	Feuilles.	Surfaces des feuilles de tabac.
		cq
1re catégorie......	2	4315,4
2e catégorie......	4	6384,6
3e catégorie......	3	4589,7
4e catégorie......	2	2529,6
	11	17819,3

Doublant ce nombre, on a 3^{mq},5638 pour la surface verte que les feuilles d'un plant offraient à l'atmosphère à la fin de la culture.

Les onze feuilles pesaient, quand on les a enlevées, 1652 grammes, soit 464 grammes par mètre carré.

Le champ de 18^{ares},45 portait 5740 plants sur lesquels on a récolté 63140 feuilles.

Sur 18^{ares},45, le 10 septembre, la surface des feuilles était de 20434 mètres carrés.

Une culture de tabac faite sur 1 hectare, dans les mêmes conditions, aurait eu par conséquent une surface de feuilles (les deux faces) de 110753 mètres carrés, soit 11 hectares: onze fois la superficie du terrain cultivé.

En adoptant que la surface moyenne des feuilles de tabac sur 1 hectare, soit 1288 mètres carrés, chaque mètre carré décomposerait par jour 71 litres de gaz acide carbonique.

Les feuilles ne concourent pas seulement à l'assimilation du carbone. En transpirant, elles déversent continuellement

dans l'atmosphère l'eau que les racines introduisent dans la plante. L'évaporation est d'autant plus prononcée que la surface par laquelle elle a lieu est plus développée, et l'on se fait aisément une idée de ce qu'elle peut être quand elle s'effectue par 11 hectares de feuilles. On comprend tout de suite comment la culture a pu prendre, par l'action combinée de l'évaporation et de l'absorption, autant de potasse, de phosphate, en un mot, autant de substances minérales que l'analyse en a signalé, et qui toutes ont dû pénétrer du sol dans la plante par voie de dissolution.

La constitution des plants de tabac à l'époque de la cueillette indique avec quelle abondance le sol doit être pourvu d'engrais. J'ai pensé qu'il y aurait un certain intérêt à connaître la composition du fumier qu'on avait employé, afin d'être fixé sur ce qu'il faudrait en donner à la terre pour qu'elle pût satisfaire aux exigences de la culture.

Le fumier sortait de la fosse que j'ai établie dans une ferme située près de Merckwiller. Il contenait :

	A l'état normal.		Supposé sec.	
	gr		gr	
Matières organiques	20,522	azote 0,50	80,202	azote 1,955
Ammoniaque	0,073		0,285	
Acide phosphorique	0,718		2,806	
Acide sulfurique	0,084		0,328	
Chlore	0,193		0,754	
Potasse et soude	0,409		1,598	
Chaux	0,501		1,958	
Magnésie	0,368		1,434	
Silice assimilable (soluble)	0,295		1,153	
Oxyde de fer, alumine, manganèse	0,211		0,825	
Sable, argile	2,214		8,682	
Eau et acide carbonique	74,412		0,657	
	100,000		100,000	

On trouve, d'après cette composition, que, pour représenter l'azote, l'acide phosphorique et l'alcali assimilés par la récolte qui était sur pied le 10 septembre, sur 18ares,45

il aurait fallu 19650 kilogrammes de fumier normal, soit 5029 kilogrammes de fumier supposé sec.

Matière végétale sèche.	Azote assimilé.	Acide phosphorique assimilé.	Alcali assimilé.
kil 2358 contenant :	kil 79,23	kil 20,75	kil 81,59
Fumier sec.			
5029 contenant :	99,57	141,11	80,37

Pour représenter l'azote, l'acide phosphorique, la potasse assimilés par la récolte faite sur 1 hectare, il aurait donc fallu au moins 106 244 kilogrammes de fumier normal, soit 27 188 kilogrammes de fumier sec, contenant :

Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
531,22	762,83	434,54

Ce serait là un minimum, car, ainsi que je l'ai établi dans un travail antérieur, dans une culture intense, lorsque la fumure est en quelque sorte exagérée, les plantes ne prennent jamais qu'une fraction de l'engrais incorporé. Il en est tout autrement quand le fumier est employé avec parcimonie, et à plus forte raison quand le sol n'en reçoit pas du tout; alors l'azote des récoltes surpasse celui de l'amendement. C'est que, dans ces circonstances, l'azote assimilable qu'apportent l'ammoniaque de l'air, l'ammoniaque et les nitrates des pluies, l'azote assimilable appartenant à la constitution de la terre végétale comme lui appartiennent les phosphates et les autres sels minéraux, manifeste toujours son intervention.

Feuilles de tabac récoltées sur les 18^{ares},45, *et livrées à l'Administration.*

On a vu que la culture portait 5740 pieds de tabac taxés à 11 feuilles.

Les feuilles enfilées par paquet sont restées suspendues sous un hangar à l'air libre d'abord, et conservées ensuite jusqu'au 13 février 1858.

Livrées à la régie, elles ont pesé :

	kil		fr	
Feuilles de 2e classe	200	à	0,80	le kilog.
Feuilles de 3e classe	231	à	0,70	»
Tabac non marchand	43	à	0,60	»
»	70	à	0,42	»
	544			

pour lesquels j'ai reçu 376f,70.

Le tabac jugé impropre à la fabrication a pesé	90
Poids du tabac récolté	634

La récolte en tabac de deuxième et de troisième classe a été de 1241 kilogrammes pour 1 hectare.

Onze feuilles soumises à la dessiccation lente du hangar et du séchoir ont donné environ 104gr,33 de tabac. Si les 5740 plants eussent fourni chacun cette quantité, on en aurait obtenu 599 kilogrammes. Ce nombre ne s'éloigne pas considérablement de 634 kilogrammes, et si ces feuilles ont dû perdre moins d'eau que celles que l'on avait desséchées à l'étuve, il faut considérer que, en séchant sous le hangar, le tabac n'a pas seulement perdu de l'eau, mais aussi du carbone. Dans une feuille détachée de sa tige, la vitalité ne cesse pas immédiatement. Tant qu'elle retient assez d'humidité et qu'elle reste exposée à l'obscurité ou à la lumière diffuse, elle émet du gaz acide carbonique parce qu'une partie de son carbone est brûlée par l'oxygène de l'air. Pour qu'une feuille ne fonctionne plus, pour qu'elle ne perde pas de carbone pendant toute la durée de la dessiccation, en un mot, pour qu'elle ne respire plus, il faut que, aussitôt enlevée de la plante, elle su-

bisse une température de 80 à 100 degrés. Dans une série d'expériences, faites il y a déjà plusieurs années, j'ai reconnu qu'en plongeant une feuille dans l'eau bouillante, on lui ôte la faculté de décomposer l'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire, et celle d'émettre du gaz acide carbonique pendant sa dessiccation.

La pièce de terre de la contenance de 18^{ares},45, où cette première récolte avait été faite, a continué à porter du tabac. On a voulu voir si, comme on l'affirme, la culture non interrompue était impossible. Chaque année on a fumé fortement. Le produit inscrit au tableau comprendra seulement le tabac accepté et payé par la régie. On n'y a pas fait figurer les rebuts.

Années.	Tabac récolté sur 18^{ares},45.	Valeur.	Tabac par hectare.	Valeur.	Prix moyen annuel du kilogramme de tabac.
	kil	fr	kil	fr	fr
1858.....	544	376,70	2948	2034,12	0,69
1859.....	487	317,55	2640	1716,00	0,65
1860.....	326	235,10	1767	1272,23	0,72
1861.....	487	289,25	2640	1584,00	0,60
1862.....	482	346,35	2612	1880,α4	0,72
1863.....	472	262,15	2558	1406,90	0,55
Moyennes.........			2529	1648,98	0,655

A part la récolte de 1858, évidemment exceptionnelle, on reconnaît que si les rendements se sont maintenus malgré la continuité de la culture, la qualité paraît avoir diminué, mais il serait prématuré d'attribuer cette diminution à l'effet d'une plantation continue; les circonstances atmosphériques ont certainement exercé une influence marquée. Ainsi, en 1860, la grêle a fortement détérioré la récolte; il en a été de même en 1863. Les grêlons en perçant les feuilles abaissent singulièrement leur valeur.

Il restait à évaluer les principes fertilisants enlevés à

la terre et contenus dans les feuilles de tabac exportées du domaine.

Dosage de l'azote dans les feuilles de tabac récoltées le 10 septembre.

1 gramme de matière sèche : acide sulfurique normal équivalant à azote.................. .... $0^{gr},0875$

Titre de l'acide : avant.....	$67^{cc},3$		
» après.....	32,0		
Différence...	35,3	équivalant à azote.	$0^{gr},0459$

Dosage des cendres et de la potasse.

Inciné́ré $8^{gr},663$ de feuilles sèches.

Les cendres ont été traitées par 50 centimètres cubes d'eau.

10 centimètres cubes de la dissolution ont reçu une pipette d'acide sulfurique équivalant à $0^{gr},1963$ de potasse. On a fait bouillir pour expulser l'acide carbonique.

Titre de l'acide : avant...	$32^{cc},15$		
» après...	24,05		
Différence.	8,05	équivalant à potasse	$0^{gr},0494$

Dans les 50 centimètres cubes de dissolution, potasse.. $0^{gr},2470$
Dans 100 grammes de feuilles sèches, potasse....... $2^{gr},851$

Dosage de l'acide phosphorique.

Incinéré $8^{gr},663$ de feuilles sèches.

Des cendres, traitées par l'acide chlorhydrique, on a retiré :

Phosphate de chaux basique $0^{gr},142$ = ac. phosphoriq. $0^{gr},0650$
Pour 100 grammes de feuilles sèches, acide...... . $0^{gr},7503$

Il y aurait eu ainsi dans les 634 kilogrammes de tabac en feuilles sèches livrés à l'Administration des contributions indirectes, récoltés sur 18ares,45 :

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
	kil	kil	kil
	29,10	4.75	18,07
Le 10 septembre, dans la récolte sur pied, il y aurait eu, d'après l'analyse..........	79,23	20,75	81,59
Resté sur le domaine........	50,13	16,00	63,52

Sur 1 hectare, le poids du tabac se serait élevé à 3436 kilogrammes contenant :

	Azote.	Acide phosphorique.	Potasse.
	kil	kil	kil
	158	26	98
Le 10 septembre, dans la récolte sur pied, il y aurait eu, d'après l'analyse	442	112	429
Resterait sur le domaine....	284	86	331 (1)

Les principes fertilisants enlevés réellement au sol par le tabac exporté du domaine ne sont, naturellement, qu'une fraction de ceux que la culture renferme quand elle est sur pied. C'est donc moins une consommation qu'une avance considérable d'engrais qu'exige la plantation. Ce qui reste est acquis à la terre, du moins dans une exploitation bien

(1) Dans un travail exécuté récemment en Amérique, M. Jackson trouve par l'analyse qu'une récolte de 3000 kilogrammes de tabac faite dans le Massachusetts enlève à 1 hectare de terre 567kil,69 de matières minérales, dont :

Potasse..................	116	kilogrammes.
Soude....................	34	»
Acide phosphorique........	43	»

tenue, où il n'y a pas déperdition des résidus des récoltes. En brûlant les tiges garnies de petites feuilles, ou mieux encore, en les jetant au fumier, en les enfouissant, on restitue tout de suite au sol l'azote, l'acide phosphorique, l'alcali que les feuilles exportées n'ont pas enlevés.

Si les agents de fertilité nécessaires, indispensables même à une plantation de 1 hectare, se rencontrent dans 1062 quintaux de fumier de ferme, ceux que prélèvent les 3436 kilogrammes de feuilles de tabac exportés se trouveraient dans 316 quintaux de fumier à l'état normal, puisqu'ils contiendraient :

Azote...............	158	kilogrammes.
Acide phosphorique...	227	»
Potasse.............	130	»

Quand un engrais aussi riche en ammoniaque que l'est la gadoue, intervient dans la culture, la dose de fumier de ferme peut être diminuée, puisqu'alors son apport consiste principalement en potasse et en phosphate. Pour 1 hectare cultivé en tabac, il suffirait de 240 quintaux de fumier pour restituer l'alcali et l'acide phosphorique enlevés par les feuilles.

Un engrais renfermant de fortes proportions de principes fertilisants immédiatement assimilables est absolument nécessaire pour rendre le succès d'une culture tellement rapide, qu'il ne s'écoule pas même cent jours entre le commencement et la fin de la végétation. Aussi, en Europe, trouve-t-on généralement les plantations de tabac établies là où il est facile de se procurer des déjections de l'homme, et c'est à l'emploi de cet engrais dont l'action est aussi prompte qu'énergique qu'il faut attribuer la beauté des récoltes de la Flandre, de l'Alsace et du Palatinat. Quand une semblable culture prend une large extension dans la proximité d'une grande cité, les immondices ne sont plus une cause d'embarras et d'insalubrité, mais bien une source fé-

conde de richesse et de prospérité agricoles. Si l'Administration supérieure, n'y voyant pas d'obstacles, autorisait des plantations de tabac dans le voisinage du lac fétide de Bondy où sont rassemblées toutes les vidanges de la capitale, ce cloaque infect, si incommode pour les populations environnantes, disparaîtrait bientôt, et il arriverait très-probablement que, bientôt aussi, ce serait l'engrais qui manquerait aux planteurs.

Développement des nouvelles feuilles, après la cueillette du tabac.

Le 10 septembre, on avait procédé à l'enlèvement des feuilles. J'ai dit que la récolte faite sur 18^{ares},45 a donné 634 kilogrammes de tabac sorti du séchoir. Aux termes du règlement, après la cueillette les pieds devaient être arrachés. J'ai cru néanmoins devoir en laisser debout un certain nombre, afin de juger de l'accroissement que prendraient les petites feuilles restées sur les tiges. Les plants avaient une grande vigueur et le temps continuait à être des plus favorables à la végétation.

Une fois les grandes feuilles cueillies, les jeunes feuilles poussèrent avec une telle rapidité, que le 13 octobre on put en détacher 25 de chaque plant; elles pesaient, vertes .... 413 grammes.

Le 31 octobre, on fit encore une nouvelle cueillette de 40 feuilles de toutes dimensions et qui pesèrent, vertes .... 379 »

Ainsi, en cinquante jours d'une végétation que l'on pourrait appeler posthume, puisqu'elle a eu lieu après la récolte officielle, alors que les plants étaient condamnés par l'Administration, on a obtenu de chaque pied, en feuilles vertes .... 792 »

Ces feuilles contenaient 12 pour 100 de matières sèches,

et comme ma culture de 18^{ares},45 portait 5740 plants, j'aurais eu en *récolte dérobée* 545 kilogrammes de tabac sec, quantité à peu près égale à celle qu'avait donnée la récolte du 11 septembre.

Ce développement remarquable des feuilles a-t-il été l'effet de circonstances météorologiques exceptionnelles? Cela est possible. Je ferai remarquer, cependant, que les automnes comparables à celui de 1857 ne sont pas très-rares en Alsace. Mais en eût-il été ainsi, que je ne verrais aucune raison pour que le cultivateur ne profitât pas des chances favorables quand elles se présentent, lui qui subit si souvent sans se plaindre les conséquences des mauvaises saisons.

Mes recherches permettent uniquement d'évaluer la quantité de tabac développé après la récolte, par l'accroissement des jeunes feuilles que l'on avait laissées. Je n'ai aucune donnée sur la qualité du produit qui naturellement n'avait atteint qu'une maturité incomplète. Ce que je puis seulement affirmer, c'est que ce tabac venu en dépit des règlements a une certaine valeur et qu'il n'est pas perdu pour tout le monde. Ainsi, la régie prescrit bien d'arracher les plants immédiatement après la récolte, mais la destruction, l'enfouissement des pieds abattus, a lieu à la convenance du cultivateur. Or, quand les plants restent couchés sur le terrain pendant plusieurs semaines, on voit assez souvent se développer une végétation semblable par sa vigueur à celle que j'ai observée dans le mois d'octobre; puis il arrive qu'un matin on n'aperçoit plus que des tiges dépouillées : c'est que, pendant la nuit, des maraudeurs ont enlevé toutes les feuilles au préjudice du propriétaire du champ qui perd au moins ainsi un engrais d'une certaine valeur.

En exposant avec quelque détail les faits contenus dans ce Mémoire, j'ai eu particulièrement en vue de rechercher s'il ne conviendrait pas d'autoriser les cultivateurs à faire

quelquefois deux récoltes de tabac au lieu d'une, ou, pour parler plus exactement, de faire une récolte et, casuellement, un regain, comme cela a lieu dans les pays où la culture est libre; en d'autres termes, je demande s'il ne conviendrait pas de leur permettre de tirer tout le parti possible de leurs peines, de leurs avances, de leur engrais. C'est une question qui a bien son importance, et je suis persuadé qu'il suffit de l'avoir posée pour que l'Administration la fasse étudier afin de chercher une solution qui satisfasse à la fois aux intérêts très-légitimes du fisc, et aux intérêts non moins légitimes des planteurs.

L'importance du tabac, comme plante industrielle de l'Alsace, me détermine à donner un aperçu de sa culture. Je ne saurais mieux faire que de présenter un Rapport qu'un des agriculteurs les plus autorisés du Bas-Rhin, M. Eugène Oppermann, a bien voulu rédiger à ma prière.

RAPPORT SUR LA CULTURE DU TABAC DANS LE DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN.

Historique. — On sait, d'après Schœpflin, que l'introduction de cette plante en Alsace est due à un négociant nommé Robert Kœnigsmann, qui rapporta la graine d'Angleterre, et en fit les premiers essais près de Strasbourg en 1620. Ce n'est qu'après la paix qui termina la guerre de trente ans, que la culture du tabac se répandit et réussit surtout dans la partie méridionale du département : Benfeld, Matzenheim, etc.; les produits de ce dernier endroit eurent de la réputation au dehors, et donnèrent leur nom aux tabacs d'Alsace. Aux environs de Bischwiller également, la culture et la fabrication se firent remarquer pendant quelque temps. Vers le milieu du XVIIIe siècle, la récolte moyenne du département s'élevait

à environ 27000 quintaux métriques (1). Pendant la guerre d'Amérique les tabacs d'Alsace furent plus recherchés encore, et la production amenée au delà de 50000 quintaux.

En 1787 on comptait à Strasbourg 37 fabriques de tabac en poudre et 16 de tabac à fumer, qui exportaient annuellement pour plus de 2 millions de francs en Allemagne, en Italie, en Suisse, et même en Hollande. Les guerres de la Révolution et de l'Empire, loin de ralentir la culture, en provoquèrent au contraire une extension exagérée et fâcheuse en ce sens que cette spéculation, basée sur les tarifs extraordinaires pesant sur l'importation, manqua et causa de grandes pertes aux planteurs. En 1811, à l'époque de l'établissement du monopole, la régie eut à débarrasser les cultivateurs de plus de 100000 quintaux métriques de tabacs qui n'avaient pu être vendus. La culture, de 4000 hectares environ, réduite alors à 1700, et bornée ainsi à la quantité autorisée selon les besoins des manufactures de l'État, ne reprit successivement qu'à partir de 1816, où fut accordée la permission de planter pour l'exportation. Après 1837 les effets de cette loi devinrent plus sensibles, et les soins donnés par l'Administration à l'amélioration des produits commencèrent à porter leurs fruits (2).

Les tableaux annexés à ce Rapport établiront l'importance de la culture dans ces dernières années.

Espèce. — L'espèce de tabac qu'on rencontre le plus fréquemment en Alsace est de celle connue sous le nom de tabac d'Amersfort (Hollande); il a tous les caractères des grandes sortes de Virginie, mais, de même qu'il arrive avec la plupart des plantes exotiques, les qualités originaires

---

(1 Herrmann, *Notices sur Strasbourg.*

(2) Rich. Hürstel, *De la Culture du Tabac* (1860), traduit et annoté d'après un Mémoire publié à Heidelberg.

ont dégénéré. D'autres variétés sont encore continuées dans quelques localités, entre autres une espèce de Manille, malgré qu'elle soit considérée comme moins favorable par l'Administration; enfin on commence à adopter, sur la recommandation de celle-ci, le tabac dit du Palatinat, appelé aussi Gundi, à feuillage plus petit, plus effilé, dont les bords se replient un peu sur eux-mêmes, et qui se distingue par sa souplesse, sa finesse et sa résistance à travers toutes les manipulations de magasin, mais qui exige des soins plus attentifs dans la première dessiccation.

Le tabac demandé au département est uniquement destiné à la fabrication des tabacs à fumer : cigares, rôles et scaferlati. Celui pour l'exportation est ordinairement acheté pour le même but. Une des qualités principales des tabacs d'Alsace, c'est de n'avoir aucun goût spécial, et, par cette raison, de se prêter supérieurement à tous les mélanges.

Nature des terres. — Les feuilles, épaisses, corsées, sont propres à la fabrication des tabacs en poudre, tandis que celles plus légères et plus souples se prêtent mieux à faire des tabacs à fumer. L'expérience paraît avoir prouvé que la première espèce est plus fréquemment le produit des terres fortes, et la seconde celui des terres légères, en supposant, bien entendu, des conditions semblables de fertilité. Sous ce rapport donc, la part faite au département du Bas-Rhin est parfaitement choisie, et parmi les terrains destinés à cette culture, qui d'ailleurs s'y prêtent positivement le mieux, il y en a peu qui puissent être qualifiés de lourds, ils sont en majeure partie meubles et de culture facile; ainsi on trouve en grande quantité du loess, sol profond, formé par un diluvium alpin composé d'argile, de sable et de parties calcaires, dans des proportions diverses mélangées intimement, ou des terres limoneuses plus ou moins consistantes, provenant d'alluvions moins anciennes, bien que de composition analogue; enfin des sables quartzeux, et plus rarement des sols tourbeux. Dans les terres d'alluvions

9.

modernes et dans les sables la nature du sous-sol joue un grand rôle; les unes reposent sur du gravier, et leur valeur est naturellement en raison de l'épaisseur de la couche supérieure, les autres recouvrent souvent un sol glaiseux imperméable, en sorte que, trop profonds, les sables ont à lutter contre les sécheresses prolongées; dans le cas contraire, ils peuvent être exposés à trop d'humidité : ce dernier inconvénient est toujours et partout à éviter pour le tabac. En général, on choisit très-bien en Alsace les terres pour cette culture. Les différentes variétés de loess occupent à peu près le tiers de la surface totale du département et la partie la plus populeuse; elles comprennent tout le district qui s'étend depuis le pied des Vosges, et parallèlement avec cette chaîne jusqu'au bassin du Rhin, pour la moitié située au nord de Strasbourg, et jusqu'à la rive gauche de l'Ill; pour l'autre moitié celle au sud de cette ville (1). Cette surface est coupée en plusieurs grandes sections par quelques cours d'eau descendant des montagnes, et flanquée près de ceux-là de différentes étendues de sables.

Les autres alluvions dont il a été parlé, c'est-à-dire celles plus récentes, ne se trouvent que dans les diverses vallées parmi lesquelles celle du Rhin est la plus étendue.

En résumé, c'est sur les terres limoneuses de cette dernière catégorie et d'excellente qualité, puis surtout dans le loess, que sont les principales cultures de tabac; il y en a aussi, mais beaucoup moins, dans les sables, et quelques-unes dans des terrains tourbeux.

Préparation du sol. — On donne généralement les plus grands soins à la préparation des terres destinées à porter du tabac : un labour en automne, quand le champ a porté des navets en récolte dérobée; ou deux labours, dont le

---

(1) C'est dans cette contrée que se trouve encore aujourd'hui la culture des meilleurs tabacs d'Alsace, tant par suite de l'excellence du sol que de l'ancienne habitude qu'on y a de traiter cette plante.

premier superficiel, aussitôt après la moisson, et le second, plus profond, avant les gelées; ensuite au printemps encore trois labours, y compris celui pour la plantation. Les labours de *printemps* sont le plus ordinairement suivis immédiatement de hersages et du passage du rouleau; cette dernière opération a pour but d'écraser les mottes, d'égaliser le terrain et d'empêcher que la surface ne soit desséchée ou durcie trop rapidement. De tous les labours, celui fait avant l'hiver est le plus profond, les autres ne dépassent pas, dans la plupart des cas, 15 à 20 centimètres.

Engrais. — Le fumier est autant que possible conduit sur place dès l'automne, après le dernier labour ou dans le courant de l'hiver; les labours subséquents l'enfouissent et le ramènent alternativement, en le mélangeant ainsi avec la terre. C'est par cette raison qu'on préfère du fumier consommé. On emploie en majeure partie les fumiers provenant des écuries, des étables et des toits à porcs, en un mot les fumiers de ferme; les autres engrais, mis comme suppléments, ne sont pas à la portée de tous les cultivateurs. On ajoute à la fumure ordinaire les urines recueillies dans les purinières, et ce n'est guère que dans les environs de Strasbourg à plusieurs lieues à la ronde, qu'est pratiqué l'emploi direct des matières fécales de l'homme. Dans cette zone, les proportions de la fumure par hectare sont à peu près de 350 à 400 quintaux de fumier d'étable, plus environ 30 mètres cubes d'urines ou de matières fécales, ou 70 mètres cubes de celles-ci, quand il arrive qu'on s'en serve comme engrais à peu près unique. La fumure est bien moins forte dans les autres districts, elle laisse même à désirer parfois, et indique que s'il y a nécessité de pousser à la culture des plantes dites industrielles, il y a aussi, dans beaucoup de cas, insuffisance de moyens pour faire les avances qu'exigent ces sortes de cultures.

Les engrais liquides sont portés sur les terres à la fin de l'hiver ou au printemps, toujours après l'enfouissement

du fumier; ils sont répandus par arrosage au moyen de la pelle en bois.

L'Administration des contributions indirectes n'apprécie pas les tabacs fortement fumés avec les déjections de l'homme; on attribue à cet amendement le développement d'une certaine âcreté dans le goût du tabac; ce qu'il y a de certain, c'est que les plants d'une pousse trop vigoureuse ont des feuilles d'un tissu corsé, à côtes épaisses, dont la maturité est plus tardive et la dessiccation plus difficile; les feuilles ont souvent une couleur terne, et leur qualité est inférieure, surtout pour les tabacs à fumer. Les engrais très-ammoniacaux paraissent avoir cet inconvénient. Toutefois, les matières fécales qui sont fortement ammoniacales donnent d'excellents résultats, quand on les emploie en quantités limitées, pourvu que le traitement de la récolte soit exécuté avec les soins convenables, ce qui est toujours la première de toutes les conditions.

La proportion d'engrais citée précédemment procure dans le canton de Schiltigheim et dans une partie de celui de Geispolsheim le rendement le plus fort en poids, mais qui n'est certainement pas le plus remarquable sous le rapport de la qualité.

C'est sur un terrain qui porte trop souvent du tabac, que l'insuffisance d'engrais est le plus manifeste. Il en est autrement dans les terres qui reçoivent pour la première fois ce genre de culture; elles exigent évidemment moins de fumier. Les végétaux enfouis en vert produisent, assure-t-on, d'excellents effets; en Allemagne, ce mode de fumer est plus en usage qu'en Alsace; toutefois, les champs de luzerne retournés ont souvent une végétation surabondante.

Le guano est peu appliqué sur le tabac (1); d'ailleurs,

(1) Le guano, par exemple, à raison de 200 à 250 kilogrammes par hectare, comme supplément à environ 200 à 250 quintaux métriques de fumier, a parfaitement réussi pour le chanvre et le colza; il commence à être assez

l'Administration n'en recommande pas l'emploi. Il serait sans doute fort intéressant de pouvoir constater l'effet du guano par des expériences comparatives et suivies à travers toutes les manipulations de magasin, puisque c'est dans ces dernières épreuves que les tabacs poussés par de certaines fumures sont accusés de ne pas résister aussi bien que d'autres aux épreuves.

Le fumier de mouton et le parcage sont de même fort peu appliqués à la culture du tabac en Alsace. Les résultats en ont toutefois été appréciés dans d'autres départements où ces engrais sont en usage; il paraît cependant que les feuilles deviennent si grasses, que leur dessiccation semble toujours incomplète, mais qu'elles se prêtent du reste très-bien à la fabrication des tabacs en poudre.

Comme dernière observation, il convient d'ajouter que le loess et plus encore les sables demandent des fumures plus fortes que les terres d'alluvions.

Place dans les assolements. — Dans les assolements, le tabac suit ordinairement une céréale, soit froment, soit orge, selon que le système biennal ou triennal est en usage, c'est-à-dire qu'il occupe la place de la jachère. Plus rarement on le met dans un champ de trèfle. La céréale qui précède le tabac est, comme on l'a déjà dit, quelquefois suivie d'une récolte dérobée de navets; il arrive aussi que le tabac est cultivé après une plante sarclée, dans quelques parties du département où l'intelligence de l'agriculture a fait comprendre la nécessité de modifier le système triennal, mais où l'on n'a pu se décider toutefois à l'abandonner; on revient alors, de deux rotations l'une, à deux plantes sarclées ou deux nettoiements successifs, tandis que dans l'assolement triennal simple on voit le tabac, les féveroles, le chanvre, le maïs, les pommes de terre, le trèfle, etc., chacune de ces plantes à son tour être suivie

fréquemment employé. Les germes d'orge sont recherchés pour le chanvre, les déchets de laine et les marcs de colle pour le colza; les matières fécales servent indistinctement à ces deux cultures.

régulièrement de froment, puis d'orge. Dans l'assolement biennal, c'est alternativement du tabac, du colza, du chanvre, des betteraves, du trèfle, etc., placés entre deux récoltes de froment. Enfin, dans l'assolement biennal libre des environs de Strasbourg, il y a aussi presque toujours la moitié en froment et l'autre moitié en cultures sarclées, avec cette différence qu'on ne sème le trèfle que dans l'orge, et que, cette fois aussi, l'orge est placée après le froment (à peu près tous les neuf ans). On voit encore le tabac être suivi de chanvre, sans nouvelle fumure, puis seulement de froment, là où par une forte quantité d'engrais et une grande fertilité du sol on aurait à craindre la verse de la céréale.

Malgré la variété de plantes cultivées en Alsace à la place de la jachère et qui permettrait un alternat par lequel la même culture industrielle ne reviendrait pas trop souvent sur le même champ, il se fait bien souvent que le tabac reparaisse tous les deux et trois ans à la même place, au lieu de ne revenir que tous les six ou neuf ans; c'est parce qu'il y a une foule de petits cultivateurs qui n'ont pas assez de terres en exploitation pour permettre cette distribution des cultures et qui cependant tiennent énormément à avoir tous les ans une bonne pièce en tabac comme récolte, leur procurant l'argent le plus nécessaire. Toutes les observations sont d'accord pour accuser ce retour trop fréquent de produits mauvais en qualité, d'autant qu'il y a souvent insuffisance d'engrais en même temps (1).

---

(1) Cependant cette opinion ne saurait être appliquée d'une manière absolue à tous les terrains; car il y a en Allemagne et en Hollande des contrées où le tabac est cultivé avec succès deux années de suite sur le même champ. Même en Alsace, pareil cas peut être cité exceptionnellement pour quelques cultures à l'exportation.

L'assolement triennal modifié est en usage dans toute la partie méridionale du département, depuis Strasbourg jusqu'à Schelestadt. Le système triennal pur est presque généralement suivi tout le long des montagnes, depuis Schelestadt jusqu'à Wissembourg. Ainsi, dans la partie septentrionale, c'est la rotation biennale qui domine.

Couches de semis. — Un des points les plus importants dans la culture du tabac, dans notre climat, étant de pouvoir transplanter le plus tôt possible, il est nécessaire de donner de grands soins à la venue des plants, et c'est ce qu'on fait. Il n'y a pas beaucoup de couches murées établies à demeure, la plupart sont simplement arrangées à niveau du sol et entourées de planches fixées par des piquets. Une exposition chaude et abritée contre les vents les plus froids est essentielle, mais, du reste, il ne convient pas d'employer les procédés de jardinage, tels que cloches ou couches à châssis vitrés, pour obtenir des plants hâtifs, car on tient à avoir des replants vigoureux élevés en plein air et, par cela même, plus rustiques. Le fond de la couche est fait d'un lit de fumier de cheval d'environ 10 à 15 centimètres d'épaisseur; puis, au-dessus de celui-ci, on répand environ 15 à 16 centimètres de terreau fin préparé d'avance (dès le mois de décembre ou janvier), par des mélanges d'ancien fumier décomposé, de bonne terre de jardin criblée et de balles pourries, plus une certaine quantité de sable; enfin ce terreau doit être meuble et aussi fertile que possible. A cet effet, on ajoute encore quelquefois des germes d'orge. Un préservatif presque généralement employé contre l'invasion toujours à redouter des vers et des taupes consiste à disposer, sous la couche inférieure de fumier, un lit de débris de chanvre. On évite aussi que le dessus du terreau ne devienne ni trop meuble et trop poreux ni trop terreux : dans le premier cas, les petits radicules ne sont pas soutenus; dans le second, les arrosements fréquents qu'il faut faire peuvent tasser la surface outre mesure; on y remédie, soit par une adjonction de sable, soit par un léger binage au râteau. On compte une couche de 9 à 9 $\frac{1}{2}$ mètres carrés, sur lesquels on répand à peu près douze cuillerées ordinaires de graine pour se procurer les plants nécessaires à 1 hectare, ou environ 30000 pieds de tabac. Le terreau disposé, et après qu'il s'est un peu tassé, on sème, le plus souvent vers la fin de mars. Les uns em-

ploient de la graine, après l'avoir fait germer artificiellement, d'autres par moitié de celle-ci et moitié de graine non germée; enfin on sème beaucoup de graine telle quelle, et ce procédé ne paraît pas être le plus mauvais. On recouvre la semence légèrement avec un peu de terreau criblé, ou bien tout simplement en y passant le râteau.

Pour y maintenir l'humidité, on laisse la couche couverte de paille ou de paillassons, jusqu'à ce que la graine ait levé; puis on suit la croissance avec une attention bien nécessaire, arrosant souvent mais sans excès, couvrant la couche pendant la nuit ou tant que le froid paraît trop vif, et lui donnant de l'air et de la lumière aussi souvent que la température le permet, en tenant en outre le semis purgé de mauvaises herbes. Si dans les binages les collets des plants se dégarnissent, on y répand un peu de terreau. Pour activer, si cela est nécessaire, la végétation, une dissolution de fiente de poules ou de pigeons est souvent employée avec succès.

Plantation. — Naturellement l'état des replants est une des premières conditions pour déterminer l'époque du repiquage; ils doivent avoir à peu près six feuilles et 10 centimètres de haut pour être employés; la température du printemps peut les avoir plus ou moins favorisés, et, par cette raison, la plantation être possible plus ou moins tôt; c'est le plus souvent entre le 20 mai et le 10 juin qu'elle a lieu; du reste, le dernier terme fixé par les règlements administratifs est le 25 juin.

Il est recommandé aux cultivateurs de planter dès le 15 mai, si cela est possible, jusqu'aux premiers jours de juin, selon les situations et les natures de terrains, afin de pouvoir récolter fin août ou commencement de septembre. Les semis sur couches doivent être détruits au 1er juillet.

L'opération du repiquage exige un certain savoir-faire qui n'est pas inutile au succès de la plantation, que l'on pratique comme il suit : après avoir fixé le cordeau (toujours dans le sens de la longueur des champs), on presse

légèrement du pied la place destinée au plant, puis, avec le plantoir, on fait un trou un peu incliné, dans lequel on entre la racine avec soin; enfin on pique à côté du premier un second trou vertical. De cette manière, en appuyant doucement contre le replant, on serre en terre les radicules sans étreindre le collet. C'est là le point délicat. Le cordeau porte des marques qui indiquent la distance entre les plants, ordinairement de 50 en 50 centimètres, et la distance entre les lignes est mesurée à 60 centimètres; quelquefois on plante aussi à 60 centimètres en tous sens. Le chiffre porté par le règlement est de 30000 plants par hectare, avec tolérance de $\frac{1}{5}$ en sus.

Il y a des cultivateurs qui mettent un certain nombre de plants de réserve ou intercalaires entre les lignes pour remplacer les manquants; d'autres trouvent cette précaution inutile. Toujours faut-il passer en revue, au moins à trois différentes reprises, toutes les lignes, et ne pas oublier de détruire les plants intercalaires aussitôt qu'ils ne semblent plus nécessaires; quand la quantité de manquants est trop considérable, on aime mieux labourer de nouveau et faire une nouvelle plantation.

Il est rare qu'on puisse se dispenser d'arroser lors du repiquage, parce qu'un temps sec est toujours considéré comme plus favorable à ce travail; d'ailleurs un peu d'eau (ou de lizée bien étendue) assure mieux la reprise. On peut encore arroser après le repiquage, au lieu de le faire en humectant légèrement chaque place qui doit recevoir le plant; c'est plus facile, et là où cela se pratique, on a remarqué peu de reprises manquées.

Aussitôt que la plante commence à se développer, on donne un sarclage complet, que l'on exécute indifféremment en soulevant la terre avec la houe, pour laisser ensuite la surface unie, ou en écartant la terre de chaque pied, pour la réunir en petites buttes, une entre quatre pieds; un peu plus tard, et avant que les feuilles soient trop grandes, on donne un buttage exactement et propre-

ment fait, puis il n'est bientôt plus possible d'entrer avec un instrument. La plante prenant un rapide accroissement, le bouton capital contenant le rudiment des fleurs ne tarde pas à paraître, et il s'agit de l'enlever par pincement.

Écimage. — C'est là l'écimage, opération qui doit être très-judicieusement exécutée, car il est facile de comprendre que de la hauteur à laquelle a lieu cet écimage, qui détermine la quantité de feuilles à laisser à chaque pied, dépend en partie le succès de la plantation; qu'en conséquence, quand on la pratique, il faut tenir compte de la fertilité du terrain. Il est vrai qu'il peut survenir dans le courant de la végétation telles circonstances et telle température qui peuvent aider ou contrarier toutes les prévisions à ce sujet; il peut arriver, par exemple, qu'en laissant trop peu de feuilles pour une puissante fertilité, la séve ne trouve pas assez de place, et occasionne, sous certaines influences, un état maladif, tout comme une quantité de feuilles disproportionnée avec les forces de production, en ne trouvant pas assez de nourriture, donnera une récolte faible en poids et en qualité. Le but de la fabrication est encore à prendre en considération, c'est-à-dire s'il s'agit d'obtenir des tabacs plus ou moins corsés.

En Alsace, on laisse le plus fréquemment de huit à onze feuilles, non compris les deux ou trois feuilles inférieures situées à une hauteur d'environ 8 à 10 centimètres du sol. L'écimage et le nettoiement des pieds sont terminés au 20 août, époque à laquelle commence le deuxième inventaire ou le comptage des feuilles par les employés de l'Administration (1).

Émondage. — Après l'enlèvement des têtes de tiges, l'apparition des rejetons (*Gitsen*) sortant à chaque aisselle des feuilles devient d'autant plus active et épuise d'autant plus la plante, aux dépens des feuilles, qu'on les laisse

(1) Le premier inventaire est celui qui a eu pour but de constater la superficie des terrains et le nombre des plants.

grandir davantage. Les cultivateurs soigneux ne négligent pas de les enlever au fur et à mesure qu'ils se montrent. Cette opération est continuée jusqu'à maturité de la plante.

Culture des porte-graines. — On n'écime pas et on laisse monter en fleurs un certain nombre de pieds ; on choisit les plus vigoureux (environ vingt-cinq à trente par hectare), réservés pour fournir de la graine. Quand ils sont montés : les dépouiller des rameaux, mais non des feuilles, pour ne laisser que la couronne, est le moyen le plus à recommander. On plante aussi les porte-graines dans une place spéciale réservée à cet effet.

Aussitôt que les graines mûrissent, on les recueille en les conservant dans les capsules. S'il survient des gelées avant ce moment, on enlève le pied entier avec les racines pour le suspendre à l'abri et laisser achever sa maturité.

Ennemis du tabac. — Le tabac a ses ennemis. Il convient de signaler les diverses causes de destruction dont il est menacé. Pour les jeunes plants, ce sont :

1° Les limaces et les pucerons. Pour s'en débarrasser, on place sur la couche de gros croûtons de pain humide ou de larges feuilles qui les attirent et leur servent d'abri, les premiers pendant la nuit, les autres pendant le soleil de midi ; on prend ainsi de grandes quantités de ces insectes.

2° La gelée. Quand toutes les précautions n'ont pu en garantir, lorsque les plans ont souffert du froid, il faut ne pas découvrir la couche pendant le soleil avant de l'avoir arrosée.

3° Des petits vers qui attaquent les pieds lors de leur transplantation, mais qui sont rarement assez nombreux pour occasionner des dégâts.

Pour les plants plus avancés, ce sont :

Les *chenilles* (1) qui apparaissent pendant tout le cours

(1) D'après l'ouvage cité, principalement celle de *Noctua gamma* et de *Noctua meticulosa*.

de la végétation et qu'on peut rechercher sur le revers des feuilles, lorsqu'on y remarque des trous.

La *rouille*, maladie qui attaque les feuilles à leur plus grand développement et plus particulièrement après de longues pluies froides.

La *pourriture* des pieds au niveau du sol, provenant aussi de trop d'humidité.

L'envahissement de l'*Orobancha ramosa* (fleur de chanvre), plante parasite qui s'attache aux racines du tabac. Cet envahissement devient surtout désastreux quand il a lieu avant la maturité, car, lorsque la récolte est prochaine, on s'y soustrait en cueillant aussitôt les feuilles. C'est toujours l'indice d'une mauvaise culture, d'un sarclage insuffisant.

Maturité et récolte. — L'approche de la maturité se reconnaît à une certaine nuance de la couleur des feuilles, qui du vert brillant a passé au vert mat entremêlé de nombreuses marbrures; enfin, quand les feuilles présentent quelques taches jaunes et que vers les pointes, comme sur les bords, elles se replient en rouleau, alors il est temps de procéder à la récolte. Cela a lieu ordinairement dans la première quinzaine de septembre. Mieux vaut que la maturité ait lieu en août, par la raison que plus tôt on peut cueillir, plus on a de chance d'obtenir une bonne dessiccation. On compte ainsi sur environ quatre-vingt-dix à cent jours de végétation pour le tabac en Alsace, sans comprendre le temps de la pousse des plants sur les couches. On procède généralement à une cueillette complète, c'est-à-dire que l'on enlève toutes les feuilles à la fois. Il faut néanmoins observer ici que les deux ou trois feuilles inférieures, dites *feuilles de terre*, sont cueillies environ vingt à trente jours plus tôt, pour être traitées et livrées séparément. C'est de bas en haut du plant que l'on fait la cueillette, en séparant tout de suite le produit en deux ou trois catégories, selon la grandeur. Les feuilles sont placées les unes sur les autres, moitié dans un sens et moitié dans l'autre; puis on en lie

une certaine quantité en bottes au moyen d'un lien de paille. Si le temps le permet, on laisse volontiers ces tas préparés se faner un peu pendant la journée, pour ne les lier que le soir. Cette opération faite avec soin n'abîme pas les feuilles, et ces bottes étant compactes risquent moins pendant le chargement et le déchargement. Les planteurs veillent à ce que la feuille soit enlevée proprement sans qu'aucune portion de la tige y reste adhérente. Aussitôt après la récolte, on procède à l'enfilage des feuilles sur ficelles au moyen d'une aiguille de 25 à 30 centimètres de long avec pointe à double tranchant. On voit dans ces moments une grande activité dans toutes les plantations ; chez les petits cultivateurs, toute la famille est occupée souvent jusque fort avant dans la nuit. La longueur des ficelles est préparée d'avance d'après les dimensions des séchoirs (environ 2 mètres de long), les feuilles y sont enfilées de manière qu'il y ait entre chacune une distance d'à peu près 3 centimètres. Les bottes rentrées des champs et qui ne peuvent être préparées dans les vingt-quatre heures sont placées debout dans un endroit aéré (ordinairement l'aire de la grange), pour éviter l'échauffement. Il n'y a pas d'inconvénient à les laisser dans cet état pendant deux jours, tandis que les tas de feuilles non liés s'échauffent facilement.

Au fur et à mesure de l'enfilage, on noue les ficelles en chapelets qu'on suspend en plein air pour opérer le premier fanage. Il y a, il est vrai, des planteurs qui se dispensent de ce fanage préalable et suspendent leurs tabacs immédiatement dans les séchoirs ; ce qui, avec les arrangements convenables et les soins nécessaires, donne des résultats très-satisfaisants ; mais le plus grand nombre malheureusement n'a pas de séchoir spécial, et l'habitude n'est que trop répandue de suspendre les chapelets le long des murs des bâtiments. C'est là positivement une pratique regrettable, car par l'action du soleil la dessiccation devient trop rapide, et la feuille perd son onctuosité et son élasticité,

Le fanage en plein air sans abri présente cet autre danger d'exposer le tabac à la pluie, ce qui occasionne des taches. Pour obvier à ces divers inconvénients, on a imaginé les fanoirs en plein air à couvertures mobiles en paille, qui permettent de tenir le tabac en plein air, ou de le mettre à l'abri du soleil ou de la pluie, et même d'un air trop humide, du brouillard, puisqu'à l'aide de cadres en paillassons il est possible de clore le hangar de tous les côtés.

Au bout de dix à quinze jours de fanage, on porte les chapelets de feuilles dans les locaux où ils doivent achever leur dessiccation. Là, les chapelets sont ouverts et développés horizontalement dans leur étendue entre deux lattes, en attachant chaque bout de la ficelle à l'une des lattes. On comprend que ce système soit préféré à celui de la suspension verticale des chapelets ou par moitié de chapelets.

La disposition la plus convenable des séchoirs est celle qui opère une dessiccation *lente* et *graduelle* conservant aux feuilles leurs qualités propres; on doit atteindre ce but par les moyens les plus simples et les moins coûteux. En tous cas, il y a un principe dominant qui doit toujours présider à tout arrangement de local quelconque comme séchoir : c'est de régler la circulation de l'air et de garantir le tabac le plus complétement possible de l'humidité, particulièrement de l'humidité des brouillards. Il arrive assez souvent que ces conditions étant observées, on obtient de très-beaux produits en séchant sur de simples greniers modérément aérés et *éclairés* par quelques lucarnes pourvues de fenêtres ou volets; mais alors le fanage préalable est nécessaire. L'Administration a fait de grands efforts pour répandre l'usage des séchoirs spéciaux; des primes accordées pour les constructions conformes aux modèles prescrits ont amené la création de beaucoup de ces établissements.

Le prix de construction d'un séchoir a été établi ainsi qu'il suit :

Pour une culture de	20 ares	(372,50 mc),	à 4 francs le mètre,		1490,00 fr
»	40 »	(745,00),	à 3 fr,50	»	2607,50
»	60 »	(1117,50),	à 3 francs	»	3352,50
»	100 »	(1862,50),	à 3 francs	»	5587,50

Il est à remarquer qu'il s'agit de séchoirs conformes en tous points à un plan modèle et isolés de tout autre bâtiment. L'aération se fait par des volets réunis par une traverse qui les fait mouvoir simultanément comme les volets dits *jalousies*, avec cette différence qu'ils sont placés verticalement. Ce mode de fermeture ne garantit peut-être pas suffisamment de l'humidité.

Mise en masse. — Revenant maintenant à la manière dont le tabac est traité le plus ordinairement, quand on remarque que les côtes sont débarrassées de parties aqueuses et que les feuilles ont acquis assez d'élasticité pour ne plus adhérer l'une à l'autre en les pressant, on en conclut que la dessiccation est à point pour opérer la réunion par masse. Comme il s'agit de conserver les tabacs dans cet état pendant quelque temps, il est surtout important qu'ils soient mis dans un local clos et abrité contre les influences de l'air extérieur qui, selon les circonstances météorologiques, peut être ou trop sec ou trop humide. C'est une chambre qu'on prend assez généralement pour cela, puisque les greniers ou les séchoirs n'y sont pas propres. Il faut donc y porter les chapelets de feuilles, ce qui a lieu ordinairement après huit ou dix semaines qu'ils ont passé au séchoir, c'est-à-dire dans la première quinzaine de novembre. Ils restent réunis jusqu'au moment où il faut songer à préparer les feuilles pour les livrer aux magasins de l'État. La préparation comprend le triage, le manoquage et la mise en bottes.

Préparation pour la livraison. — Le triage est exigé par grandeur et surtout par qualité et par couleur des feuilles; il s'agit donc de réunir dans une même catégorie toutes celles qui sont semblables. Ce travail exige un coup

d'œil exercé pour apprécier convenablement et promptement la nature de chaque feuille comparativement aux types qu'on a d'abord adoptés.

Les manoques sont la réunion de vingt-cinq feuilles liées par plusieurs tours d'une feuille de même espèce, à 6 centimètres de l'extrémité des caboches pour les grandes, et à 4 centimètres pour les petites. Les bottes sont la réunion de dix manoques ordinairement placées en deux rangées de cinq manoques chacune, l'une superposée à l'autre, serrées par une ficelle.

On commence à trier et à manoquer, selon l'importance de la récolte, jusqu'à quatre et six semaines avant la livraison.

La mise en bottes n'a lieu que le moins de temps possible avant la livraison.

Livraison. — Les livraisons ont lieu deux fois chaque année, du 25 octobre au 20 décembre à peu près pour les feuilles de terre, puis du 15 janvier au 15 avril pour les grandes feuilles. L'Administration fait indiquer d'avance par des tableaux publiés dans chaque commune le jour de livraison fixé pour chacune d'elles. L'ordre dans lequel les communes sont appelées à livrer est réglé : pour les feuilles de terre, selon l'état plus ou moins avancé de la dessiccation; et pour les grands tabacs, d'après une combinaison de séries de quinze jours, de telle sorte que les communes qui ont été comprises dans la première série une année seront dans la dernière série l'année suivante. Pour déterminer le nombre de planteurs assignés chaque jour à chaque balance, l'Administration a fait un travail d'évaluation des récoltes.

Il y a à présent deux magasins à Strasbourg, un à Schelestadt, un à Benfeld et un à Haguenau.

Au jour fixé, les planteurs apportent leur récolte au magasin où ils sont appelés, et leurs tabacs y sont reçus, pesés et classés par des experts, dont deux attachés à l'Ad-

ministration et trois étrangers à celle-ci, nommés par le Préfet et assermentés.

Les différentes catégories de feuilles qui ont dû être faites par les planteurs sont présentées et pesées chacune séparément, et c'est sur l'examen d'un certain nombre de bottes prises au hasard dans chaque pesée que les experts fixent le prix, d'après une échelle adoptée par arrêté préfectoral. Chaque planteur reçoit un bulletin renfermant les résultats de l'expertise, et peut toucher son argent le même jour.

Le comptage des bottes permet la vérification immédiate du nombre de feuilles qu'a livré chaque cultivateur; il est inscrit aussitôt sur le compte ouvert à chacun d'eux par les inventaires, et comparé au nombre de feuilles dont ce compte se trouve chargé. S'il y a un manquant que l'on ne puisse justifier, le cultivateur est tenu de payer la différence.

ESTIMATION DES FRAIS DE CULTURE D'UN HECTARE DE TABAC (1).

	fr
Fermage	200,00
Contributions	12,50
Les $\frac{3}{5}$ d'une fumure complète de 40 charges à 20 francs l'une	480,00
(Les deux autres cinquièmes devant s'appliquer aux cultures subséquentes.)	
Transport du fumier	36,00
Trois façons complètes à 15 francs l'une	45,00
Valeur de la semence	1,50
Transport des feuilles au séchoir	15,00
12^{kil},500 de ficelle à 1^{f},40	17,50
Transport au magasin de livraison	20,00
Loyer d'un séchoir	30,00
Confection et entretien d'une couche	60,00
Répandage du fumier, 3 journées	4,50
A reporter	922,00

(1) D'après M. Ringeissen, maire de Falff, canton d'Obernay. (Extrait d'un Rapport de M. de Dartein à la Société des Sciences, Agriculture et Arts du Bas-Rhin.)

	fr
Report..................	922,00
Repiquage des plants, 20 journées d'homme et 10 journées de femme....................................	42,00
Sarclage, 10 journées d'homme; buttage, 10 journées.	30,00
Écimage, 5 journées d'homme.........................	7,50
Émondage, 15 journées de femme; nettoyage, 5 journées de femme...................................	24,00
Cueillette des feuilles de terre, 7 ½ journées de femme.	9,00
» des grandes feuilles, 17 ½ » » ...	21,00
Confection des chapelets............................	25,00
Suspension des chapelets et soins à la pente, 20 journées d'homme..................................	30,00
Triage des feuilles, 20 journées d'homme et autant de femme..	54,00
Manoquage, 5 journées d'homme et 10 journées de femme..	19,50
Façon des bottes, 5 journées d'homme et 5 journées de femme..	13,50
Arrachage des souches..............................	12,00
Total........	1209,50

Je cite le décompte qui précède à titre de simple renseignement; mais je puis cependant ajouter qu'il exprime assez bien les dépenses de la culture dans la plus grande partie du département; l'élément le plus variable est la fumure, qui n'est pas partout aussi forte que dans l'exemple que l'on a choisi (1). Du reste, comme toute base d'un calcul de prix de revient, celle-ci peut être différemment appréciée selon la position du cultivateur.

(1) Le prix en est aussi un peu élevé dans cette partie du Bas-Rhin; car à Strasbourg une voiture de fumier d'environ 40 quintaux métriques coûte à peu près 30 francs. Dans le susdit compte, il ne peut être question que de voitures d'environ 20 quintaux métriques. Le mètre cube de matières fécales coûte 6 francs en moyenne, et le guano 40 francs les 100 kilogrammes.

Il y a en outre à remarquer que si l'évaluation du loyer du séchoir peut paraître un peu basse, c'est qu'elle s'applique sans doute plutôt à un local approprié passagèrement à la dessiccation du tabac et non à un séchoir spécial.

Le loyer pour les terres à tabac est rarement au-dessous de 180 francs l'hectare. Si pour celles de première qualité il s'élève jusqu'à 250 et 300 francs, le rendement est aussi supérieur à la moyenne : il y en a qui donnent 3000 kilogrammes à l'hectare.

RELEVÉ DE LA CULTURE DE 1856

DANS LE DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN.

RELEVÉ DE LA CULTURE D DANS LE DÉPARTEMENT DU BAS-RHIN.

ARRONDISSEMENTS.	CANTONS.	NOMBRE de communes.	NOMBRE de planteurs.	SU CULTIVÉE po la Ré	pour l'exportation.	QUANTITÉS LIVRÉES à la Régie.	à l'exportation.	MOYENNE du rendement par hectare.	SOMMES PAYÉES par la Régie.
				ares	ares.	kilog.	kilog.	kilog.	fr
SCHELESTADT	Barr...........	4	137	4614,	969,85	68871	17408	1546	48650,90
	Benfeld........	15	950	50191,	12509,55	718986	187053	1445	559526,50
	Erstein........	13	1365	65038,	18259,58	1315826	383088	2037	899210,70
	Rosheim........	3	208	5058,	1236,14	88388	22233	1757	58404,20
	Obernai........	9	822	35525,	3887,23	616912	65665	1732	430499,60
	Markolsheim ...	20	847	25054,	21078,19	301047	134913	942 (*)	206716,00
	Schelestadt.....	2	149	6665,	3862,06	101455	56730	1502	74498,40
STRASBOURG......	Molsheim......	5	103	2213,	861,74	37779	13471	1666	23869,50
	Bischwiller.....	9	47	798,	23,16	11505	497	1461	7786,20
	Brumath.......	19	718	17811,	2517,61	310098	25362	1650	210885,20
	Haguenau......	6	61	1350,	//	22443	//	1662	14519,10
	Strasbourg.....	1	21	2060,	//	38576	//	1869	26378,10
	Geispolsheim...	13	1132	40323,	8465,37	852061	171723	2098	593156,60
	Schiltigheim ...	17	411	12753,	381,88	288653	8030	2259	200568,20
	Wasselone	5	24	530,	//	9890	//	1866	6828,20
	Truchtersheim..	22	106	2763,	//	55704	//	2017	36592,90
WISSEMBOURG.....	Lauterbourg ...	6	86	2628,	//	26604	//	1012	24006,70
	Wissembourg ..	5	19	290,	//	5482	//	1889	1377,80
	Woerth	6	63	753,	//	12673	//	1683	9809,00
	Seltz..........	13	109	1720,	//	21142	//	1228	20484,10
	Soulz..........	22	223	3804,	//	75571	//	1986	45729,60
SAVERNE.........	Hochfelden.....	20	152	2870,	//	47920	//	1669	31889,30
	Saverne........	1	8	123,	//	2632	//	2139	1793,40
Totaux......	....	236	6612 1149	278041,	73042,76	5049410	1016078		3476370,00
				hectar	hectares.	kilog.	kilog.		fr
RÉCOLTE DE 1857.....................				3207,	607,00	6938095	1364042	//	4776582,40
RÉCOLTE DE 1858.....................				4191,	522,00	8813541	1179363	//	5937372,20

(*) La moyenne de Markolsheim, pour la Régie, est de 1201 kilog pour l'exportation, de 640 kilogrammes seulement.

ANNÉES de récoltes	RENDEMENT MOYEN, par hectare, de la culture, tant pour la Régie que pour l'exportation, dans tout le département.	PRIX MOYEN, payé par la Régie, de 100 kilogrammes de feuilles.
	kil	fr
1856........	1700	69,84
1857........	2189	68,35
1858........	2120	67,35

La moyenne du rendement pendant les vingt années de 1836 à 1855 a été de 1844 kilogrammes par hectare (1).

Le tableau suivant pourra donner une idée et de la variation des prix payés par la Régie, et de l'échelle fixée pour les différentes classes de tabacs selon leur qualité :

	1811	1812	1821	1837	1845	1847	1855	1856
	fr	fr	fr	fr	fr	fr	fr	fr
Surchoix.......	»	»	»	»	76	80	85	100
1re classe......	74	70	60	62	66	70	75	90
2e classe.......	70	61	55	52	56	60	65	80
3e classe.......	60	55	42	42	46	50	55	70
Non marchands.	»	»	»	32 à 5	36 à 10	36 à 10	50 à 10	60 à 10

Depuis 1856, les prix sont restés les mêmes; mais on a ajouté, pour encourager la livraison de feuilles propres aux robes de cigares, une prime de 30 francs par 100 kilogrammes aux prix de 1re, 2e et 3e classe, c'est-à-dire de 90, 80 et 70 francs.

Cet appel fait aux agriculteurs a porté ses fruits.

(1) Ces divers chiffres m'ont été communiqués à l'Inspection de culture.

On l'a dit, la plante à argent par excellence pour les cultivateurs de l'Alsace, c'est le tabac. Il paraît hors de doute qu'elle ne le serait plus au même degré si la plantation était libre; dans ce cas, il en serait comme pour la culture faite en vue de l'exportation, où la demande est inégale, les prix incertains et le plus souvent inférieurs, depuis quelques années surtout, à ceux consentis par la Régie. A certains moments, il y aurait plantation exagérée, ainsi que cela est arrivé autrefois, et comme cela arrive encore aujourd'hui dans les pays voisins. Il faut d'ailleurs reconnaître que la culture du tabac a été grandement améliorée sous l'influence de l'Administration.

Voici les chiffres des prix payés pour les tabacs exportés à l'étranger :

	Feuilles de terre.	Grandes feuilles	Moyenne générale.
	fr	fr	fr
1857......	79,31	63,32	66,85
1858......	50,00	54,09	53,20
1859......	43,01	51,27	48,22

La différence qu'on remarque entre les prix de 1857 des feuilles de terre et des grandes feuilles indique bien jusqu'à quel point les demandes varient.

Un des principaux cultivateurs pour l'exportation, M. Th. Barthelmé de Sand, aurait reçu pour ses tabacs :

En 1856.......	80 francs	par 100 kilogrammes.	
En 1857.......	65	»	»
En 1858.. 58 à	60	»	»

pour des récoltes de 2250 à 2750 kilogrammes par hectare.

La rotation suivie par M. Barthelmé est :

1re année. Tabac recevant de 90 à 100 mètres cubes de fumier à demi consommé, par hectare.

2e année. Betteraves.

3e année. Froment.

4e année. Retour du tabac recevant de 90 à 100 mètres cubes de fumier à demi consommé, par hectare.

Il plante 36 000 pieds à l'hectare à 50 centimètres sur 56, laissant à chaque pied quatorze à seize feuilles.

La culture pour l'exportation est soumise aux mêmes règlements et à la même surveillance que celle faite pour la Régie, à cette différence près que les déclarations de planter sont reçues pour telle surface (au-dessus de 20 ares) qu'on le demande, et que l'Administration ne s'occupe pas de la qualité du produit, mais seulement de la quantité de feuilles récoltées.

Les permis de culture pour la Régie sont limités selon la répartition par arrondissements et communes du nombre d'hectares assigné au département. Lors des livraisons on prend des notes sur l'état de chaque récolte, sous le rapport de la qualité ou nature du tabac, et des soins donnés à la dessiccation; puis, au moyen de ces notes combinées avec les renseignements fournis par la surveillance de culture, l'Administration peut éliminer ceux des planteurs qui ont mal travaillé. Or, comme il y a, surtout depuis l'élévation sensible des prix, plutôt excédant de demandes de culture, puisqu'elle est recherchée comme une faveur, on comprend qu'il y a dans cette espèce de choix une possibilité plus certaine d'améliorer les produits. Il faut dire que le but d'approvisionner le magasin de l'État de marchandise aussi belle que possible est évidemment poursuivi avec une sérieuse attention. C'est pour ne pas s'écarter de cette règle que l'Administration a cru devoir interdire la récolte des regains ou seconde pousse de petites feuilles de *gitz*, et des essais auraient démontré que ces feuilles, qui jamais ne parviennent à maturité et ne réussissent d'ailleurs que dans certaines années favorisées, ne peuvent donner que des produits manufacturés des plus inférieurs. Les renseignements recueillis sur l'emploi des regains dans le grand-duché de Bade et le Palatinat indiquent que la cueillette de regain n'est pas là une pratique générale, et qu'elle n'a lieu que dans les années qui sont propices à cette opération. La récolte prin-

cipale a-t-elle été abondante dans les deux pays, par exemple, il n'y a guère de chance pour les regains; mais on peut en espérer quelque chose quand la récolte a manqué, ou qu'en Hongrie les tabacs n'ont pas réussi; encore faut-il qu'une arrière-saison favorable vienne se joindre à ces circonstances. Quelques planteurs laissent pousser les *gitz* dans l'unique but de les enfouir en vert. Ceux qui les vendent les enlèvent non-seulement avec la tige qu'elles poussent avant le déploiement de la feuille, mais encore avec un lambeau de la tige principale. La dessiccation de cette végétation arriérée est difficile et par cela même souvent incomplète. Dans le pays de Bade on manipule les regains de différentes manières; on y ajoute de fortes doses de sel et de salpêtre, afin d'en prévenir la décomposition. Les feuilles sont entremêlées de feuilles sèches de betteraves; elles servent aussi à fabriquer des tabacs à fumer qui se vendent 60 centimes le kilogramme en paquets parfaitement étiquetés, ou l'intérieur de cigares dont on donne trois pour 5 centimes. Les tiges, après avoir passé par de nombreuses manipulations, sont râpées et converties en tabac à priser, que l'on parfume à la violette ou à la rose. On peut au reste se faire une idée du peu de valeur des regains quand on voit les produits de cette fabrication compliquée livrés à si bas prix.

A l'intéressant exposé de la culture de l'Alsace, j'ajouterai quelques renseignements recueillis en Amérique.

Le tabac est originaire du nouveau monde; ainsi que plusieurs plantes à l'usage de l'homme, on ne l'a pas encore rencontré à l'état sauvage (1). C'est sans aucun doute par la rapidité avec laquelle il accomplit le cycle de sa vé-

(1) De Candolle, *Géographie botanique raisonnée*, p. 848.

gétation que sa culture est réalisable dans les latitudes élevées. Les chaleurs estivales de l'Europe suffisent à son développement, à sa maturité; chaleurs, au reste, qui égalent et surpassent même quelquefois celles des climats tempérés intertropicaux. Dans les pays équatoriaux on cultive le tabac dans une zone verticale fort étendue : depuis le niveau de la mer jusqu'à l'altitude de 2000 mètres, c'est-à-dire dans des stations où la température varie de 27 à 18 degrés. La culture dure d'autant plus de temps que la température est moins élevée. Ainsi, à partir du repiquage, M. Codazzi a constaté que la récolte a lieu :

Après	175 jours	dans les localités	ayant une température de	18°.
»	130	»	»	22°.
»	120	»	»	25°.
»	100	»	»	26 à 27°.

Ces observations ont été faites dans la Cordillère des Andes (1). Il est incontestable que le climat exerce une très-grande influence sur la qualité du tabac. Celui qu'on obtient sur les plateaux des Andes, en Virginie, ou en Europe, ne saurait en aucune façon être comparé au tabac de la Havane; d'Ambalema, dans la vallée de la Magdalena; de Cali, dans la vallée du Cauca; à Giron, dans le Socorro; à Varinas, dans les Llanos; là, en un mot, où la température ne descend pas beaucoup au-dessous de 24 degrés, et où, par suite de sa fécondité naturelle, la terre ne reçoit pas d'engrais.

En Venezuela, la culture est pratiquée avec une rare intelligence; dans les stations qui ne sont ni trop sèches ni trop pluvieuses, on estime que dix plants sont nécessaires pour produire 1 kilogramme de tabac marchand (*tabaco curado*), c'est à peu près 14 quintaux par hectare. Comme rendement de surface cultivée, ce n'est pas plus que ce que

(1) Codazzi, *Resumen de la Geografia de Venezuela*, p. 148.

donnent les sols surabondamment fumés de la France, de l'Allemagne et de la Flandre; mais le produit annuel peut être supérieur, par la raison qu'entre les tropiques la végétation n'est jamais interrompue. Ces plants sont généralement plus espacés qu'en Europe; il est rare que 1 hectare en porte plus de 29000, et fréquemment, dans les régions chaudes, ce nombre est loin d'être atteint. On estime alors que vingt pieds de tabac donnent seulement 1 kilogramme de produit marchand. On sème la graine sur des fonds extrêmement riches. Les plants sont repiqués à l'âge de quarante-cinq ou cinquante jours, en les plaçant en lignes éloignées l'une de l'autre de $1^{m},2$ à $1^{m},5$. Sur ces lignes parallèles les pieds ont entre eux un espace de 60 à 70 centimètres. Pendant les premiers jours on recouvre les plants repiqués avec des feuilles de bananier pour les préserver de l'ardeur du soleil. On écime lors de l'apparition du bourgeon floral. On reconnaît qu'une feuille est parvenue à la maturité à la facilité avec laquelle elle se rompt, à la tendance à l'enroulement, à une teinte caractéristique, et surtout à une tache bleue qui se montre sur le pétiole. Ce dernier indice est toutefois difficile à saisir, et j'avoue que, lorsque je visitai les grandes et belles plantations des vallées d'Aragua, je ne parvenais pas à voir nettement la tache bleue que les employés de la Régie signalaient à mon attention. Les feuilles ne mûrissent pas simultanément; aussi l'une des préoccupations constantes du planteur est d'arracher celles qui offrent tous les signes de la maturité.

Après la cueillette, les feuilles sont portées sous des hangars où on les étend superposées deux par deux sur des claies disposées pour les recevoir; elles prennent bientôt une couleur jaune, tout en conservant leur flexibilité. C'est alors qu'après leur avoir ôté la nervure principale, la *côte*, on les tord en cordes dont on forme des pelotons du poids de 30 à 40 kilogrammes, que l'on range sur un lit formé de côtes et de feuilles de rebut. On couvre toute la masse

et on laisse fermenter pendant quarante-huit heures, en ayant la précaution d'arroser si la matière paraît trop sèche; si la température s'élève et si elle devient trop intense, on la modère en écartant les pelotes ou en les découvrant. Après la fermentation, les cordes sont déroulées et exposées à l'air, à l'ombre. Le tabac reste suspendu sous les hangars jusqu'à ce que, en l'exprimant, il n'en sorte plus de jus; on lui donne alors la dernière façon, consistant à en former de petites carottes, des manoques du poids de quelques kilogrammes. Le tabac ainsi préparé possède une couleur foncée; il est *gras,* d'une combustion assez difficile, surtout quand l'arrosement pendant la fermentation a eu lieu avec de l'eau légèrement salée. Ce traitement est désigné sous le nom de *cura negra,* pour le distinguer du traitement sans fermentation, la *cura seca,* qui se rapproche beaucoup de celui que l'on pratique en Europe pour la préparation du tabac à fumer.

EXPÉRIENCES SUR LE BARATTAGE,

suivies de recherches analytiques entreprises pour constater si la nature des aliments consommés par la vache influe sur la proportion de beurre contenue dans le lait;

PREMIÈRE PARTIE.

Ces recherches ont eu pour objet de constater quelle est la perte en beurre que l'on éprouve pendant le barattage, et s'il est plus avantageux d'extraire le beurre du lait en nature que de la crème.

Depuis que l'on a perfectionné la baratte, en substituant au batteur vertical de la tinette des agitateurs animés d'une telle vitesse, que le beurre est fait en quelques minutes, on est de plus en plus porté à opérer sur le lait.

Il y a fort longtemps qu'en Alsace on bat la crème dans des barils fixes, traversés par un arbre horizontal mobile muni de palettes percées de trous circulaires, appareil que M. de Valcourt a heureusement modifié en le construisant en fer-blanc, et en donnant aux batteurs une plus grande vitesse. Depuis lors de nombreux perfectionnements ont surgi de toutes parts; mais une des barattes les plus recommandables est celle du major de Stiernsvärd, toujours fondée sur ces deux principes : des agitateurs mus circulairement et très-rapidement. Cet instrument est trop connu pour que je m'arrête à le décrire; je me bornerai à mentionner une de ses dispositions essentielles : l'arbre vertical portant les agitateurs ou palettes est creux, et en communication, par la partie inférieure, avec une sorte de turbine; quand la turbine a acquis une certaine vélocité, si l'on pré-

sente la flamme d'une allumette au-dessus de l'axe creux, cette flamme est attirée vers le bas, elle tend à pénétrer dans l'axe, et l'on a ainsi la preuve que, par l'effet de la rotation, la turbine aspire une certaine quantité d'air qui naturellement est lancée dans la masse de lait fortement agitée. M. de Stiernsvärd semble considérer cette intervention de l'air comme une innovation importante dans le barattage. C'est, j'en suis convaincu, une pure illusion : d'abord l'air lancé par l'effet de la force centrifuge est peu de chose, et ensuite je me suis assuré qu'en fermant avec un bouchon de liége l'ouverture de l'arbre, c'est-à-dire en empêchant l'aspiration de l'air, le barattage s'accomplit tout aussi bien et tout aussi vite.

Dans l'appréciation du fonctionnement d'une baratte, j'ai remarqué qu'on insistait surtout sur la durée du travail. Sans doute, la rapidité d'exécution est fort à priser dans un appareil, cependant, dans la pratique, il importe asssez peu que la motte de beurre soit obtenue en dix ou en vingt minutes; ce qui importe par-dessus tout, c'est de retirer du lait ou de la crème le plus possible de beurre. Or, dans les nombreux procès-verbaux d'expériences faites avec des barattes dans les expositions ou dans les concours agricoles que j'ai eus sous les yeux, j'ai bien vu que l'on avait fait le beurre dans des temps plus ou moins courts, mais je n'ai trouvé nulle part la preuve que l'on eût obtenu le rendement le plus élevé que le lait ou la crème peuvent donner. C'est pour remplir cette lacune que j'ai entrepris ce travail.

On commençait par doser le beurre contenu dans le lait ou dans la crème que l'on devait baratter; après le barattage, on pesait le beurre en motte, on déterminait la proportion de beurre réelle qu'il renfermait, puis on dosait le beurre : dans le lait baratté, si l'on avait opéré sur du lait; dans le lait de beurre, si l'on avait opéré sur de la crème.

Les expériences faites avec une baratte de M. de Stierns-

värd ont toutes porté sur du lait venant d'une vache de race suisse, pesant 550 kilogrammes. Elle avait fait un veau le 1er août 1856, à 9 heures du matin; traite douze heures après, elle a fourni 11kil,610 de colostrum ayant une densité de 1065,0 à la température de 22 degrés. Ce colostrum, d'un jaune clair, avait une réaction décidément acide; il se prenait en masse par l'action de la chaleur.

Dans 100 parties, on a trouvé :

Beurre	2,89
Lactine	3,21
Albumine, caséum, substances minérales	27,50
Eau	66,40
	100,00

La vache a été rationnée avec :

	kil
Foin	10,50
Farine de froment administrée en breuvage	0,75

Les expériences ont été commencées après que le veau eut été séparé de sa mère.

28 *août.*

	kil
Lait trait depuis trente-six heures	2,905
Lait trait depuis vingt-quatre heures	2,905
	5,810

Le mélange avait une réaction acide.

100 de lait contenaient : beurre sec, 3,60.

Les 5kil,810 de lait ont été mis dans la baratte, à la température de 18 degrés.

Durée du barattage : trente minutes.

	gr
Dans le lait : beurre sec	209,16
Retiré : beurre en motte, 157 grammes (1) = sec.	135,80
Beurre resté dans 5kil,653 de lait	73,36

(1) Le beurre en motte renfermait 0,865 de beurre sec.

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 1,30.

Par un essai, on a dosé dans 100 de lait baratté 1,49 de beurre.

En sortant de la baratte, le lait avait toujours la réaction acide. Sa température était alors de 20°,8; par l'agitation, la masse s'était échauffée.

Les 5^{kil},653 de lait baratté, après avoir été ramenés à la température de 18 degrés, ont été barattés de nouveau pendant onze minutes. On n'a pu en retirer le moindre grumeau de beurre, bien qu'ils continssent encore 83^{gr},56 de beurre sec pouvant former 104 grammes de beurre en motte.

30 *août.*

	kil
Lait trait depuis trente-six heures.......	2,930
Lait trait depuis vingt-quatre heures.....	2,930
	5,860

Le mélange avait une réaction acide.

100 de lait contenaient : beurre sec, 3,55.

Les 5^{kil},860 ont ont été mis dans la baratte à la température de 18 degrés.

Durée du barattage : vingt minutes.

	gr
Dans le lait, il y avait : beurre sec........	208,03
Retiré : beurre en motte, 176 grammes = sec.	152,24
Beurre resté dans les 5^{kil},684 de lait......	45,79

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,81.

En sortant de la baratte, le lait avait une réaction très-acide. Sa température était de 20 degrés; celle de l'air 17 degrés.

31 *août.*

	kil
Lait trait depuis trente-six heures.......	3,030
Lait trait depuis vingt-quatre heures	3,030
Réaction acide......................	6,060

Prélevé 100 grammes pour l'essai indiquant : beurre sec, 3,87.

Les 5^{kil},960 de lait ont été mis dans la baratte à la température de 18 degrés.

Durée du barattage : quinze minutes.

Dans le lait, il y avait : beurre sec	$230^{gr},55$
Retiré : beurre en motte, 257 grammes = sec.	205,60
Beurre resté dans les 5^{kil},703 de lait......	24,95

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,44.

En sortant de la baratte, le lait avait une réaction acide. Sa température était de 19°,5.

1er *septembre*. Le lait a été pris dans les mêmes conditions que celui employé dans l'expérience précédente. Il avait une réaction acide.

Poids du lait..............................	$6^{kil},210$
Prélevé pour l'essai	0,080
Mis dans la baratte à la température de 18 degrés.	6,130

Dans 100 de lait dosé : beurre sec, 3,48.

Durée du barattage : quinze minutes.

Dans le lait, il y avait : beurre sec........	$213^{gr},32$
Retiré : beurre en motte, 251 grammes = sec.	200,80
Beurre resté dans les 5^{kil},879 de lait	12,52

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,21.

En sortant de la baratte, le lait avait une réaction acide.

2 *septembre*. On a fermé l'arbre vertical creux de la baratte avec un liége pour empêcher l'accès de l'air.

Lait trait depuis trente-six heures.......	$2^{kil},980$
Lait trait depuis vingt-quatre heures....	2,980
	5,960

Réaction acide.

La crème était montée sur le lait trait depuis trente-six heures. On a pris d'abord un échantillon du lait écrémé, et, après avoir réuni les deux traites dans la baratte pour en opérer le mélange par une agitation lente, on a pris un autre échantillon.

Le lait ainsi prélevé pesait 61 grammes; il en restait par conséquent $5^{\text{kil}},899$, que l'on a refroidis à 18 degrés.

Durée du barattage : dix-neuf minutes.

100 de lait ont donné à l'essai : beurre sec, 3,13.

	gr
Dans le lait, il y avait : beurre sec........	184,64
Retiré : beurre en motte, 163 grammes = sec.	134,40
Beurre resté dans les $5^{\text{kil}},73$ de lait.......	50,24

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,88.

Dans 100 du lait écrémé de la première traite, on a dosé 1,49 de beurre sec. Ainsi, par l'ascension de la crème, le lait restant avait perdu plus de la moitié de sa matière grasse.

En sortant de la baratte, le lait montrait une réaction acide. Sa température était de 19°,9. On voit qu'en empêchant l'accès de l'air, les effets du barattage n'ont pas été modifiés.

L'aspect du lait change par suite du barattage ou de l'écrémage, à ce point qu'avec un peu d'habitude il est facile de reconnaître, à l'aide du microscope, si un lait a été baratté ou écrémé.

3 *septembre*. Le lait a été pris dans les conditions de l'expérience précédente :

	kil
Les deux traites réunies pesaient...	6,060
Pris pour l'essai....................	0,063
	5,997

qu'on a porté à la température de 18 degrés. Le mélange avait une réaction acide.

Dans 100 de lait on a dosé : beurre sec, 3,40.

Durée du barattage : quinze minutes.

Dans le lait il y avait : beurre sec..........	203,90 gr
Retiré : beurre en motte, 161 grammes = sec.	139,60
Beurre resté dans les 5kil,836 de lait......	64,30

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 1,10.

En sortant de la baratte, le lait avait une réaction acide sa température était de 19°,4.

L'orifice de l'arbre vertical de la baratte ayant été débouché, l'air avait pu intervenir.

4 *septembre*.

Lait trait depuis trente-six heures....	3,080 kil
Lait trait depuis vingt-quatre heures..	3,080
	6,160
Pris pour l'essai.........	0,064
	6,096

qu'on a porté à la température de 18 degrés. Le lait avait une réaction légèrement acide.

Dans 100 de lait dosé : beurre sec, 3,40.

Durée du barattage : vingt-quatre minutes.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	207,26 gr
Retiré : beurre en motte, 175 grammes = sec.	151,37
Beurre resté dans les 5kil,921 de lait.......	55,89

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,94.

En sortant de la baratte le lait avait une réaction acide; sa température était de 19°,4.

5 *septembre.* Le lait provenait de la traite de la veille au soir; sa réaction n'était ni acide ni alcaline.

Il pesait	kil 2,960
Pris pour l'essai	55
	2,905

La température a été portée à 18 degrés.

Durée du barattage : dix minutes.

Dans 100 de lait on a dosé : beurre sec, 3,70.

Dans le lait il y avait : beurre sec	gr 107,50
Retiré : beurre en motte, 93 grammes = sec.	80,40
Beurre resté dans les 2^{kil},812 de lait	27,10

Dans 100 de lait baratté : 0,96.

5 *septembre.* Lait provenant de deux traites; l'une, faite depuis quarante-huit heures, commençait à se cailler; l'autre faite depuis vingt-quatre heures. On a mêlé intimement les deux traites; le mélange était acide.

La prise d'essai prélevée, le lait mis dans la baratte, où il a été porté à la température de 18 degrés, pesait 6^{kil},160.

Durée du barattage : trente-sept minutes.

Dans 100 de lait on a dosé : beurre sec, 3,40.

Dans le lait il y avait : beurre	gr 209,44
Retiré : beurre en motte, 191 grammes = sec.	165,21
Beurre resté dans les 5^{kil},97 de lait	44,13

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,74.

En sortant de la baratte, le lait, d'une saveur peu agréable, avait une réaction fortement acide; sa température était de 19°,4.

6 *septembre.*

	kil	
Lait trait depuis vingt-quatre heures.	3,030	
Lait trait depuis douze heures......	3,030	
	6,060	sensiblement acide.
Prélevé pour l'essai...............	0,060	
	6,000	porté à 18 degrés.

Durée du barattage : vingt minutes.

Dans 100 de lait dosé : beurre sec, 3,29.

	gr
Dans le lait il y avait : beurre............	197,40
Retiré : beurre en motte, 175 grammes = sec.	151,40
Beurre resté dans les 5kil,825.............	46,00

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,79.

Par un dosage direct, on a trouvé 0,71 de beurre.

7 septembre. On s'est proposé de rechercher si, par un barattage continué après l'apparition de l'indice de l'agglomération des globules butyreux, on obtiendrait plus de beurre.

Lait trait depuis vingt-quatre heures.	pesant 5kil,660, l'échan-
Lait trait depuis douze heures......	tillon d'essai prélevé.

Le lait, légèrement acide, a été porté à 18 degrés.

	h m
La baratte a été chargée à.........	7.37
Le lait est devenu grenu à...........	7.45
Indice de l'agglomération à..........	7.52
Le barattage a été continué jusqu'à....	8. 7

On a donc baratté pendant quinze minutes après la formation du beurre.

La durée totale du barattage a été de trente minutes.

Dans 100 de lait, on avait dosé : beurre sec, 3,71.

	gr
Dans le lait il y avait : beurre sec	210,0
Retiré : beurre en motte, 171 grammes = sec..	147,9
Beurre resté dans les 5^{kil},489 de lait	62,1

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 1,1.

Par un dosage direct, on a trouvé 0,8 de beurre.

En s'en rapportant au dosage direct, on voit que le barattage, poussé au delà de l'indice de l'agglomération, n'a pas fourni plus de beurre.

8 *septembre*. Lait pris dans les conditions de l'expérience précédente. Échantillon prélevé, il a pesé 5^{kil},980; légèrement acide.

La température a été portée à 18 degrés.

Durée du barattage : quinze minutes.

Dans 100 de lait dosé : beurre sec, 3,36.

	gr
Dans le lait il y avait : beurre sec	200,93
Retiré : beurre en motte, 174 grammes = sec.	150,51
Beurre resté dans les 5^{kil},806 de lait	50,42

Dans 100 de lait baratté : 0,87.

Par un dosage direct on a trouvé : 0,52.

9 *septembre*. Lait pris dans les conditions de l'expérience précédente. L'échantillon d'essai prélevé, le lait, sensiblement acide, a pesé 6^{kil},372.

La température ayant été amenée à 18 degrés, on a baratté pendant douze minutes.

Dans 100 de lait on a dosé : beurre sec, 3,14.

	gr
Dans le lait il y avait : beurre sec	200,81
Retiré : beurre en motte, 176 grammes = sec.	152,24
Beurre resté dans les 6^{kil},196 de lait baratté.	48,57

Dans 100 de lait baratté : 0,78.

Par un dosage direct on a trouvé : 0,50.

10 *septembre*. Une traite pesant, échantillon prélevé, 5^kil^,910, a été rafraîchie à 18 degrés. La réaction du lait sur le papier de tournesol a été nulle.

Durée du barattage : vingt-cinq minutes.

Dans 100 de lait on a dosé : beurre sec, 3,36.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	198^gr^,58
Retiré : beurre en motte, 166 grammes = sec.	143,59
Beurre resté dans les 5^kil^,744 de lait baratté.	54,59

Dans 100 de lait baratté : 0,95.

Par un dosage direct on a trouvé : 1,20.

10 *septembre*. On s'est proposé de rechercher si la séparation du beurre serait facilitée en rendant le lait alcalin.

Lait trait depuis douze heures, légèrement acide, pesait 2^kil^,801. On a ajouté 6 grammes de carbonate de soude cristallisé.

La température ayant été portée à 18 degrés, on a baratté pendant onze minutes.

Dans 100 de lait on avait dosé : beurre sec, 3,36.

Dans le lait il y avait : beurre sec..........	94^gr^,11
Retiré : beurre en motte, 73 grammes = sec..	63,15
Beurre resté dans les 2^kil^,728 de beurre baratté.	30,96

Dans 100 de lait baratté : 1,13.

Le lait baratté, le beurre étaient sensiblement alcalins.

Peut-être l'agglomération des globules butyreux a-t-elle été un peu accélérée par l'alcalinité.

10 *septembre*. On a recherché si, sous l'influence d'une acidité plus prononcée que celle qui se développe sponta-

nément après la traite, l'extraction du beurre serait plus facile.

L'échantillon d'essai prélevé, le lait, provenant de deux traites, l'une faite depuis vingt-quatre heures, l'autre depuis douze heures, pesait 3^{kil},160. Ce lait avait une réaction acide; pour la développer davantage on a ajouté 3 grammes d'acide tartrique.

Le lait contenait pour 100 : beurre sec, 3,36. Après avoir porté sa température à 18 degrés, on l'a baratté pendant seize minutes.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	106,18 gr
Retiré : beurre en motte, 77 grammes = sec.	66,60
Beurre resté dans les 3^{kil},083 de lait baratté.	39,58

Dans 100 de lait baratté : 1,28.

L'acidité communiquée au lait soumis au barattage n'a pas facilité la séparation du beurre.

12 *septembre*. On a constaté comment le lait préalablement bouilli se comporterait dans le barattage.

Le lait provenant d'une traite faite depuis dix-huit heures a été porté à l'ébullition et ramené à la température de 18 degrés; l'échantillon d'essai prélevé, il pesait 5^{kil},280.

Durée du barattage : seize minutes.

Dans 100 de lait on avait dosé : beurre sec, 3,80.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	200,64 gr
Retiré : beurre en motte, 201 grammes = sec.	160,80
Beurre resté dans les 5^{kil},079 de lait baratté.	39,84

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,78.

Le beurre obtenu avait conservé l'odeur du lait bouilli.

L'ébullition préalable du lait n'a pas exercé d'influence sur l'extraction du beurre.

13 *septembre*. Lait baratté immédiatement après la traite.

Le lait refroidi à 18 degrés pesait, après le prélèvement de l'échantillon d'essai, 5^{kil},960; sans réaction sur le tournesol.

Dans 100 de lait on avait dosé : beurre sec, 3,94.

Durée du barattage : seize minutes.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	^{gr} 234,82
Retiré : beurre en motte, 178 grammes = sec.	154,00
Beurre resté dans les 5^{kil},782 de lait baratté.	80,82

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 1,39.

Par un dosage direct on a trouvé : 1,31.

Cette expérience montre qu'il n'est pas indispensable, comme on l'a prétendu, de laisser le lait en repos pendant environ douze heures avant de le baratter. Le repos, il est vrai, est le plus souvent obligé, soit afin d'accumuler une quantité de lait suffisante pour une opération, soit pour le laisser refroidir.

15 *septembre*. Barattage opéré en empêchant le passage de l'air par la turbine.

Le lait trait depuis dix-huit heures a pesé, après le prélèvement de l'échantillon d'essai, 5^{kil},810, la température ramenée à 18 degrés.

Durée du barattage : vingt minutes.

Dans 100 de lait on avait dosé : beurre sec, 3,35.

Dans le lait il y avait : beurre sec.........	^{gr} 194,64
Retiré : beurre en motte, 163 grammes = sec.	141,00
Beurre resté dans les 5^{kil},647 de lait baratté.	53,64

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 0,95.

Par un dosage direct on a trouvé : 0,51.

Ici encore, l'interruption du passage de l'air par la turbine n'a pas occasionné d'effet défavorable.

16 *septembre*. Lait trait depuis dix-huit heures. Après le prélèvement de l'échantillon d'essai, a pesé $6^{kil},060$; légèrement acide.

La température a été portée à 18 degrés.

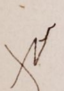
Durée du barattage : dix-sept minutes.

Dans 100 de lait on avait dosé : beurre sec, 3,40.

	gr
Dans le lait il y avait : beurre sec.........	206,04
Retiré : beurre en motte, 138 grammes = sec.	119,37
Beurre resté dans les $5^{kil},922$ de lait baratté.	86,67

Dans 100 de lait baratté : beurre sec, 1,46.

21 *septembre*. Barattage du lait à une température inférieure à 18 degrés.



Il est bien établi que la température du lait a une influence très-prononcée sur le plus ou moins de rapidité avec laquelle a lieu l'extraction du beurre. Dans les fermes, on a soin de réchauffer le lait en hiver, de le rafraîchir en été, avant de procéder au barattage; mais la température jugée la plus convenable est généralement évaluée par la sensation qu'on éprouve en plongeant la main dans le liquide; par cela même elle est déterminée d'une manière fort incertaine. Aussi, il n'est pas rare de voir baratter le lait pendant des espaces de temps qui varient de vingt minutes à trois heures, et cela en faisant usage de la même baratte, avec des batteurs animés de la même vitesse : quelquefois l'opération est jugée impossible; ce que l'on ne manque pas d'attribuer à la mauvaise qualité du lait, à sa pauvreté en beurre, quand les difficultés que l'on éprouve sont dues uniquement à une fausse appréciation de la température. Aussi, l'un des instruments les plus utiles d'une laiterie est certainement le thermomètre. Par son emploi, j'ai vu disparaître tous les inconvénients, toutes les lenteurs que je viens de signaler.

Le major de Stiernsvärd a indiqué, pour le barattage à

grande vitesse, les températures auxquelles l'opération doit être faite :

Pour le lait...............	18 degrés.
Pour la crème douce........	17 »
Pour la crème aigre........	16 »

C'est surtout lorsqu'il s'agit de baratter le lait qu'il faut opérer rigoureusement à 18 degrés. Comme on a pu l'observer dans les expériences que j'ai décrites, par l'agitation la température du lait s'élève de 1 à 2 deux degrés en quelques minutes.

J'ai eu maintes fois l'occasion de reconnaître l'influence de la température sur la durée de l'extraction du beurre, et j'ai pu ainsi constater l'exactitude des indications thermométriques données par le major de Stiernsvärd. Voici une observation qui prouve que, à quelques degrés au-dessous de 18 degrés, l'agglomération des globules butyreux devient extrêmement lente, difficile et peut-être même impraticable.

Une traite, faite à 6 heures du soir, a été exposée pendant la nuit dans la cour. Le lendemain matin, à 7 heures, la température du lait était descendue à 7 degrés. L'échantillon d'essai prélevé de ce lait pesait 5^{kil},960 ; après l'introduction dans la baratte, la température était de 8 degrés. On a baratté pendant une heure sans voir apparaître les indices de l'agglomération. Le lait avait un aspect visqueux, et se résolvait en une mousse qui serait sortie par le haut de la baratte si l'on n'eût interrompu l'opération. La mousse ayant disparu, l'on baratta de nouveau pendant une heure sans obtenir l'agglomération ; il n'y avait à la surface du lait qu'une sorte de crème fouettée dont on ne put retirer aucun grumeau butyreux. A la fin du barattage, la température du lait fut trouvée de 13°,5.

Ainsi, entre 8 degrés et 13°,5 de température, le lait n'a pas donné de beurre après avoir été baratté pendant deux heures.

Barattage de la crème.

Le lait placé dans un vase ne tarde pas à être partagé en deux couches distinctes. La plus légère, la crème, est à la partie supérieure; la plus lourde, parce qu'elle est la plus aqueuse, le lait écrémé, est au-dessous. Cette sorte de départ se fait le mieux à une température comprise entre 12 et 15 degrés. Quand, par suite d'une température trop élevée ou d'une exposition à l'air trop prolongée, il se développe une notable quantité d'acide lactique, le lait est séparé en trois zones superposées, suivant l'ordre de leurs densités respectives : la crème, le sérum ou petit-lait, le caséum coagulé. Ce dernier mode de faire *crémer* le lait, en le laissant aigrir, a paru assez avantageux pour être pratiqué dans quelques laiteries où l'on s' est imaginé obtenir ainsi plus de crème. Mais là où on a le mieux étudié toutes les circonstances qui se rattachent à la préparation du beurre de bonne qualité, on écrème avant que l'acidité se soit manifestée, avant qu'il y ait apparition de lait caillé. Par acidité, il faut entendre ici une acidité perceptible au goût, une saveur acide, car la crème désignée sous le nom de *crème douce,* celle qui repose sur du petit-lait non coagulé, possède généralement une réaction faiblement acide que révèle la teinture de tournesol. On reconnaît qu'il est temps de lever la crème quand on peut y enfoncer la lame d'un couteau sans qu'il remonte du lait à la surface.

On a beaucoup discuté sur la forme à donner aux vases dans lesquels on doit faire monter la crème; les uns ont adopté des vases cylindriques et profonds, les autres des vases plats de peu de profondeur. Quant à la matière des vases, elle peut être de la terre vernissée ou du métal, l'essentiel c'est que les vases ne soient pas poreux. On en fait en cuivre; ce sont alors de larges bassines dans lesquelles on écrème des volumes considérables de lait, comme cela a lieu dans certaines fromageries. Dans les circonstances

ordinaires de la laiterie on donne, avec raison, la préférence au fer-blanc. Le zinc doit être proscrit, à cause de la facilité avec laquelle l'acide lactique l'attaque, en constituant un sel doué de propriétés émétiques. En ce qui concerne la forme, la capacité des vases à écrémer, on peut affirmer que les plus convenables sont celles qui favorisent le refroidissement du lait, dont la température à la sortie du pis est de 35 à 36 degrés. Ce prompt refroidissement est essentiel. On conçoit dès lors que si le volume du lait est considérable, on fasse usage de vases peu profonds, très-évasés, présentant par cela même une grande surface à l'air. On comprend encore que les vases peuvent être cylindriques et profonds si leur capacité est limitée à 2 ou 3 litres. C'est en vue de l'abaissement de la température que la laiterie est établie dans un lieu frais, ouvert au nord, suffisamment aéré. Le thermomètre doit s'y maintenir entre 12 et 17 degrés. Les caves, dans nos climats, sont peut-être trop froides, et si elles sont très-humides, elles déterminent le développement des moisissures. Dans les localités où l'on dispose d'une source d'eau fraîche, le refroidissement du lait est toujours facile. Enfin, lorsque l'on a une glacière à sa disposition, il est aisé de faire tomber rapidement le lait de 35 à 12 ou 15 degrés, en y promenant un cylindre creux de fer-blanc dans lequel il y a de la glace.

Si j'insiste autant sur la nécessité d'un prompt refroidissement du lait, c'est que le succès de l'écrémage en dépend. Au-dessus de 15 degrés, la transformation du sucre de lait (lactine) en acide lactique s'accomplit si promptement, que le caséum est souvent coagulé (caillé) avant que toute la crème soit montée; or, la crème entraînée par le coagulum est évidemment perdue pour la préparation du beurre. Quand le lait tourne, par exemple, c'est que l'acide est produit immédiatement après la traite; les globules butyreux sont alors englobés en totalité dans le caillé. C'est à

cette coagulation du caséum que sont dues les différences que l'on observe dans les quantités de crème obtenues, différences qu'on est toujours enclin à attribuer à la qualité du lait, tandis que, en réalité, elles résultent le plus souvent de l'acidification de la lactine occasionnée par une température trop élevée, par un refroidissement ou trop lent ou insuffisant.

La crème varie beaucoup dans sa composition; sa densité, sa teneur en beurre offrent de grandes différences dues aux proportions de lait plus ou moins fortes qu'elle a retenues. M. Jeannier a trouvé dans la crème douce, dont le litre pesait, à 15 degrés, 1003 grammes :

Beurre	343	390	372
Lactine	40		
Caséum	35		
Eau	582		
	1000		

Je crois qu'en prenant certaines précautions on amène la crème à avoir cette composition; à tenir tout au moins 300 grammes de beurre par kilogramme. Toutefois, lorsque la crème est ramassée pour en extraire le beurre, on ne la laisse pas égoutter comme s'il s'agissait de la vendre pour des usages culinaires; aussi, il est rare qu'elle contienne autant de beurre. Très-souvent, ce que l'on met dans la baratte n'est, à proprement parler, qu'un mélange de crème et de lait, dont on juge d'ailleurs la valeur par le plus ou le moins de fluidité qu'elle possède.

8 *septembre*. Crème très-fluide, légèrement acide; a pesé 2^{kil},810; température, 17 degrés.

Durée du barattage : trente minutes.

Dans 100 de crème on avait dosé : beurre sec, 16,0.

Dans la crème, il y avait : beurre sec.......	449^{gr},6
Retiré : beurre en motte, 475 grammes = sec.	410,9
Beurre resté dans les 2^{kil},335 de lait de beurre.	38,7

Dans 100 de lait de beurre : beurre sec, 1,66.

Cette crème fluide était véritablement un mélange de crème et de lait devenu *crémeux* par le repos. Il aurait fallu la laisser plus longtemps dans les vases à écrémer; mais il arrive assez fréquemment qu'on la prend à cet état dans la crainte de la voir aigrir.

12 *septembre*. Crème légèrement acide, plus consistante que la crème barattée le 8 septembre.

Durée du barattage : huit minutes. Température, 17 decrés.

La crème a pesé 5^{kil},400.

Dans 100 de crème on avait dosé : beurre sec, 28,65.

Dans la crème, il y avait : beurre sec.......	1^{kil},547
Retiré : beurre en motte, 1^{kil},725 = sec....	1,492
Beurre resté dans le lait de beurre........	0,055

Dans 100 de lait de beurre : beurre sec, 1,49.

Par un dosage direct trouvé : 1,58.

Dans une expérience faite antérieurement à ce travail, j'avais eu l'occasion d'extraire le beurre de 24^{kil},135 de crème. J'en ai retiré :

Beurre en motte.	6^{kil},280 = beurre sec.....	5^{kil},432
Lait de beurre..	17,855	

Dans 100 de lait de beurre, on a dosé : beurre sec 1,58.

Dans les 17^{kil},855 de lait de beurre, il y avait : beurre sec..............................	0,282
Beurre sec contenu dans les 24^{kil},175 de crème.	5,714

La crème soumise au barattage renfermait par conséquent pour 100, 23,68 de beurre sec.

Je résume dans deux tableaux les résultats des observations en les rapportant à 1 kilogramme de lait ou de crème.

Dates des observations.	Beurre en motte obtenu.	Poids du lait après le barattage.	Beurre sec contenu dans le lait.	Beurre sec obtenu.	Beurre sec resté dans le lait baratté.
	gr	gr	gr	gr	gr
28 août......	27,0	973,0	36,0	23,4	12,6
30 août......	30,0	970,0	35,5	26,0	9,5
31 août......	43,3	956,7	38,7	34,6	4,1
1er septembre.	40,9	959,1	34,8	32,8	2,0
2 septembre..	27,6	972,4	31,3	22,8	8,5
3 septembre..	26,8	973,2	34,0	23,3	10,7
4 septembre..	28,7	971,3	34,0	24,8	9,2
5 septembre..	32,0	968,0	37,0	27,7	9,3
5 septembre..	31,0	969,0	34,0	26,8	7,2
6 septembre..	29,1	970,9	32,9	25,2	7,7
7 septembre..	30,2	969,8	37,1	26,1	11,0
8 septembre..	29,1	970,9	33,6	25,2	8,4
9 septembre..	27,6	972,4	31,4	23,9	7,5
10 septembre.	27,9	972,1	33,6	24,3	9,3
10 septembre.	24,4	975,6	33,6	21,1	12,5
10 septembre.	26,1	973,9	33,6	22,5	11,1
12 septembre.	38,1	961,9	38,0	30,5	7,5
13 septembre.	29,9	970,1	39,4	25,8	13,6
15 septembre.	28,1	971,9	33,5	24,3	9,2
16 septembre.	22,7	977,3	34,0	19,7	14,3
Moyennes..	30,0	970,0	34,8	25,5	9,3

En moyenne, 970 de lait baratté contiendraient 9,3 de beurre sec, soit pour 1000 : 9,6;

» 1000 de lait auraient produit 30 de beurre en motte.

Ce résultat s'accorde assez bien avec les données d'ailleurs fort variables des agronomes. On compte que dans de bonnes conditions 19 litres, soit 19^{kil},57 de lait, rendent 1 kilogramme de beurre.

Dans des conditions moins favorables, on estime qu'il

faut 37 litres, soit 38^{kil},11, pour obtenir 1 kilogramme de beurre :

Dans le premier cas, 1000 de lait (en poids) rendraient........	51,1	de beurre.
Dans le second cas, 1000 de lait (en poids) rendraient	26,2	»
D'après Zierl, on en obtiendrait...........	27,6	»
Suivant Veit.........................	24,7	»
Dans une expérience, j'ai eu	33,3	»

Il s'agit ici de beurre retiré du lait, en passant par l'écrémage.

Barattage de 1000 *parties de crème.*

Dates des observations.		Beurre en motte obtenu.	Poids de la crème après le barattage.	Beurre sec contenu dans la crème.	Beurre sec obtenu.	Beurre sec resté dans la crème barattée.
8 septembre..	I...	166,2	833,8	160,0	146,2	13,8
12 septembre.	II..	319,4	680,6	286,5	276,3	10,2
Expér. antér^{res}	III.	260,2	739,8	236,8	225,1	11,7
	IV.	277,5	722,5	251,4	240,0	11,4
Moyennes...		255,8	744,2	233,7	221,9	11,8

En moyenne, 1000 de lait de beurre contiendraient 15,8 de beurre sec.

Pour arriver à préciser la perte éprouvée en beurre pendant le barattage de la crème, et pour rapporter cette perte à 1000 de lait, il faudrait savoir quelles ont été les quantités de crème fournies par le lait. C'est ce que l'on ignore. Voici néanmoins quelques données qui malheureusement ne se rapportent pas toutes aux résultats des observations précédentes. Rien, d'ailleurs, de plus différent que le rendement du lait en crème.

Ainsi, 1000 de lait fourniraient :

D'après Rudolf (André)........	125	de crème.
D'après Veit..................	134	»
J'ai eu, dans une expérience....	156	»
Dans une autre expérience......	383	»

Il n'est pas possible d'appliquer à ces nombres les rendements en beurre inscrits au tableau. Voici les détails des deux expériences antérieures.

De 100 kilogrammes de lait, j'ai eu :

	kil
Crème..................	15,60
Fromage blanc pressé......	8,93
Petit-lait..............	75,47
	100,00

Les $15^{kil},6$ de crème ont fourni :

	kil
Beurre en motte.........	3,33
Lait de beurre...........	12,27
	15,60

1000 de lait auraient rendu :

Beurre en motte..............................	33,3
Dans le lait il y avait : beurre en motte............	45,5 (1)
Beurre resté dans le petit-lait et dans le lait de beurre	12,2

Écrémage du lait. — Dans une jatte de terre vernissée, de forme un peu conique, on a mis :

	kil
Lait...........................	5,650

Vingt-quatre heures après, on a enlevé :

Crème..............................	0,572
Par différence, lait écrémé..........	5,078

Dans 100 de lait on avait dosé :

Beurre sec.... 3,63 = beurre en motte.... 4,20

(1) 3,94 de beurre sec pour 100 de lait.

Dans 100 de lait écrémé :

Beurre sec.... 0,31 = beurre en motte ... 0,36

Dans les 5^{kil},650 de lait, il y avait : gr
beurre.................... 205,10
Dans les 5^{kil},078 de lait écrémé :
beurre.. 15,74

Beurre passé dans la crème :
beurre sec................. 189,36 = en motte 218^{gr},91

1000 de lait ont fourni.... 101,2 de crème.

1000 de crème contenaient 382,7 de beurre en motte.

En définitive, sous le rapport de l'obtention du beurre, il n'y aurait pas une grande différence entre le rendement du lait et le rendement de la crème venant du même lait. Dans les deux cas, le quart, à peu près, du beurre échappe à l'agglomération. Il semblerait donc que lorsque les globules butyreux n'entrent plus que pour un centième dans le lait, il devient, sinon impossible, du moins très-difficile de les réunir, de les souder les uns aux autres par l'agitation, aussi violente qu'elle soit. Cependant, une expérience que j'ai faite récemment tendrait à faire présumer qu'il n'en est pas ainsi, et que la résistance des globules disséminés dans le lait baratté tient moins à leur isolement qu'à la consistance, à la viscosité du liquide dans lequel ils flottent.

J'ai constitué un mélange ne renfermant pas plus de globules gras que le lait baratté, en ajoutant à 2 litres de lait 4 litres d'eau. Amené à la température de 18 degrés, ce lait coupé fut baratté. En dix minutes, le grain était formé ; en douze minutes, le beurre en motte fut rassemblé, lavé et pressuré : il pesait 42 grammes. Contrairement à ma prévision, le barattage avait facilement et promptement rassemblé les globules dispersés, tout aussi éloignés

les uns des autres qu'ils le sont généralement dans le lait baratté, où il est impossible de les réunir.

On a dosé le beurre dans le lait coupé et baratté; 100 centimètres cubes ont donné : beurre sec, $0^{gr},25$; mais comme, dans 100 centimètres cubes de lait coupé, il n'entrait réellement que $33^{cc},33$ de lait pur, il en résulte que les $0^{gr},25$ de beurre appartenaient à ce volume de lait; de sorte que, après le barattage, le lait contenait encore par litre $7^{gr},5$ de beurre sec. La densité du lait à 15 degrés étant 1031, on a pour 1000 parties, en poids : beurre sec, 7,27, proportion inférieure à la moyenne 9,2 déduite des vingt barattages de lait opérés dans le cours de ces recherches. La différence n'est pas bien grande, mais ce que cette expérience présente de curieux, c'est que du lait dilué au point de l'amener à avoir une teneur en beurre semblable à celle du lait baratté donne encore du beurre. On peut alors se demander si, en ajoutant de l'eau à du lait baratté duquel l'agitation n'extrait plus rien, on en obtiendrait un *regain* de beurre. Entre du lait baratté et du lait coupé renfermant la même proportion de matières grasses, il y a toutefois cette différence que le lait coupé contient moins de caséum, de lactine; c'est par le fait un liquide moins dense, moins visqueux que le lait, et c'est sans doute cette circonstance qui favorise l'agglomération des globules butyreux.

Le barattage direct du lait doit néanmoins, selon moi, être préféré au barattage de la crème, parce qu'en l'exécutant on est à l'abri des accidents de l'écrémage : une coagulation trop rapide du caséum, la moisissure, l'acidité; et quoique l'on dépense plus de force pour baratter le lait que pour baratter la crème dont le volume n'en est guère que le neuvième, il y a compensation en ce que l'on est dispensé de soins assez minutieux et de la perte de temps exigés pour l'écrémage. Enfin, il est certain que le beurre tiré directement du lait est généralement d'une qualité

supérieure au beurre fourni par la crème, surtout, comme cela a lieu fréquemment dans les petites fermes, par de la crème conservée pendant quelques jours.

Dans une autre série d'expériences, je me suis proposé de rechercher si, comme on l'a prétendu, il est possible d'accroître la richesse butyreuse du lait, en faisant intervenir certains aliments dans la ration de la vache.

DEUXIÈME PARTIE.

PREMIÈRE SÉRIE.

Deux vaches ont été placées dans des stalles disposées de manière que l'on pût savoir exactement le foin qu'elles consommaient en vingt-quatre heures; le foin était pesé à 6 heures du matin, mis dans un râtelier, et, le lendemain, à la même heure, on pesait ce qui en restait.

La vache blanche, le 4 juillet 1858, pesait 565 kilogrammes. Elle avait vêlé, pour la quatrième fois, le 21 février.

I. *Ration formée uniquement de foin.*

Dates.	Foin consommé.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil	kil	kil	kil
4 juillet.......	12,0	»	»	»
5 »	13,2	»	»	»
6 »	15,0	4,05	4,04	8,09
7 »	11,0	»	»	»
8 »	14,0	4,05	4,17	8,22
	65,2		Moyenne...	8,22
Par jour......	13,07			

Le lait du 8 juillet a été analysé.

		Traite.		
		Matin.	Soir.	Moyenne.
Densité à 15 degrés. .		1031,5	1031,5	1031,5
Composition.	Beurre	3,51	3,69	3,60
	Lactine	5,18	5,01	5,10
	Caséum, albumine	3,59	3,49	3,54
	Substances minérales	0,62	0,68	0,65
	Matières sèches	12,90	12,87	12,89
	Eau.	87,10	87,13	87,11
		100,00	100,00	100,00

II. *Addition du tourteau de colza à la ration de foin.*

Le tourteau moulu était délayé dans de l'eau, avec une légère addition de sel. On en donnait deux fois par jour.

	Consommation.		Lait.		
Dates.	Foin.	Tourteaux.	Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil			
9 juillet.	14,5	2,0	»	»	»
10 »	14,0	1,0	»	»	»
11 »	15,0	1,0	»	»	»
12 »	15,0	2,0	»	»	»
13 »	14,0	1,0	»	»	»
14 »	10,0	2,0	»	»	»
15 »	10,0	1,5	»	»	»
16 »	14,5	2,0	4kil,70	4kil,65	9kil,35
	107,0	12,5	»		
Par jour. . . .	13,37	1,56			

		Traite. Matin.	Traite. Soir.
Densité du lait à 15 degrés........		1031	
Composition.	Beurre............	3,34	»
	Lactine............	4,92	4,86
	Caséum, albumine...	3,51	»
	Substances minérales.	0,62	»
	Matières sèches......	12,39	»
	Eau...............	87,61	»
		100,00	

Sous l'influence du tourteau ajouté à la ration de foin, la production du lait a sensiblement augmenté, mais la composition est restée à très-peu près la même. Le tourteau, malgré les 80 à 160 grammes d'huile qu'il introduisait chaque jour dans la nourriture de la vache, n'a pas accru la proportion de beurre dans le lait.

III. *Addition de farine de féverole à la ration de foin.*

La farine, délayée dans 8 litres d'eau tiède, avec 35 grammes de sel, était donnée en trois fois : 6 heures du matin, midi et 6 heures du soir.

Dates.	Foin. kil	Farine. kil	Lait. Matin. kil	Lait. Soir. kil	Lait. Total. kil
17 juillet......	14,0	3,3			
18 »	10,85	3,2	5,30	5,15	10,45
19 »	10,85	3,3	5,25	5,00	10,25
20 »	15,0	3,3	5,50	4,80	10,30
21 »	15,0	1,1	»	»	»
22 »	15,0	1,1	4,75	4,90	9,65
23 »	15,0	1,1	5,10	5,00	10,10
24 »	15,0	1,1	4,75	4,60	9,35
25 »	15,0	1,1	5,30	4,55	9,85
26 »	15,0	1,5	4,80	4,80	9,60
	140,7	20,1	Moyenne...		9,97
Par jour...	14,07	2,01			

	Lait du matin.		
	20 juillet.	21 juillet.	Moyenne.
Densité à 15°.	1032,5	1031,0	1031,7
Beurre......	3,29	3,49	3,39
Lactine......	5,30	4,93	5,10
Caséum, albumine.....	3,14	2,84	2,99
Substances minérales....	0,62	0,62	0,62
Matières sèches......	12,35	11,88	12,10
Eau........	87,65	88,12	87,90

La farine de féveroles, ajoutée à la ration de foin, aurait eu pour effet d'augmenter un peu la production, sans modifier la composition du lait.

IV. *Ration formée de foin seul.*

Pour voir si réellement l'augmentation de la sécrétion du lait, constatée dans les expériences II et III, dépendait des additions du tourteau et des féveroles à la ration, la vache a été remise au régime du foin.

		Lait.		
	Foin.	Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
27 juillet.......	15,0	4,75	4,60	9,35
28 »	15,0	4,85	4,50	9,35
29 »	15,0	4,60	4,35	8,95
30 »	15,0	4,35	4,65	9,00
31 »	15,0	4,50	4,50	9,00
1er août	15,0	4,10	»	»
2 »	12,5	4,40	4,10	8,50
3 »	12,5	4,00	4,20	8,20
4 »	12,5	4,40	4,10	8,50
5 »	15,0	3,85	4,10	7,95
6 »	12,5	4,10	4,50	8,60
	155,0		Moyenne...	8,74
Par jour........	14,09			

Le lait du 1er août au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés	1031,2
Beurre	3,66
Lactine	5,11
Caséine, albumine	3,40
Substances minérales	0,65
Matières sèches	12,82
Eau	87,18
	100,00

Le lait a évidemment diminué, comme on devait s'y attendre, puisque, par le fait, la ration était moins nutritive. Cependant toute la différence ne saurait être attribuée à la suppression du tourteau et des féveroles. La diminution tient en partie à ce que l'on pourrait nommer l'*âge de la traite*, le temps écoulé depuis le vêlage. En effet, le rendement d'une vache laitière qui a été saillie baisse graduellement jusqu'à l'époque où elle fera son veau, bien que la ration reste la même.

V. *Régime vert.*

La vache a été rationnée à discrétion avec du trèfle vert fauché vingt-quatre heures avant d'être mis dans le râtelier.

	Fourrage consommé.		Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
			kil	kil	kil
7 août...	Herbe...	57kil	4,80	4,10	8,90
8 » ...	Trèfle...	44	4,50	4,30	8,80
9 » ...	» ...	45	4,60	4,70	9,30
10 » ...	» ...	51	4,72	4,55	9,27
11 » ...	» ...	52	5,00	4,70	9,70
12 » ...	» ...	54	4,15	4,65	8,80
13 » ...	» ...	20 (*)	4,10	4,00	8,10
		323		Moyenne...	8,98
Par jour		46			

(1) La vache a laissé 34 kilogrammes de fourrages sur 54 qu'on avait mis dans le râtelier.

Il y a eu accroissement dans la production du lait.

VI. *Ration de foin.*

La vache a été mise au foin.

	Foin.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
		kil	kil	kil
14 août.....	15kil	3,70	3,85	7,55
15 »	15	4,10	4,20	8,30
16 »	15	3,80	3,75	7,55
17 »	15	3,70	3,90	7,60
18 »	15	4,00	3,75	7,75
19 »	15	3,75	3,75	7,50
20 »	15	3,90	3,70	7,60
21 »	15	3,65	3,50	7,15
22 »	15	3,75	3,70	7,45
23 »	15	4,00	3,80	7,80
24 »	15	3,60	3,85	7,45
25 »	15	3,75	3,70	7,45
Par jour.....	15		Moyenne...	7,63

On a analysé le lait trait le 20 août au matin.

Densité à 15 degrés.............	1031,0	
Beurre.........................		3,72
Lactine.........................		5,12
Caséum, albumine.............		3,26
Substances minérales		0,65
Matières sèches..............		12,75
Eau.........................		87,25
		100,00

Cette composition ne diffère pas sensiblement de celle des laits analysés antérieurement. Il y a eu une baisse dans la sécrétion lactée assez prononcée pour qu'on ne puisse pas l'attribuer uniquement à l'âge de la traite.

VII. *Addition de farine de froment à la ration de foin.*

La farine a été donnée en breuvage, 1 kilogramme de farine délayée dans 4 litres d'eau.

	Foin.	Farine.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil		kil	kil	kil
26 août.....	11,7	2kil	3,35	3,50	6,85
27 »	15,0	3	4,10	4,20	8,30
28 »	7,5	3	4,65	4,50	9,10
29 »	12,0	3	4,65	4,50	9,10
30 »	12,0	3	4,55	4,00	8,55
31 »	14,0	3	4,50	4,00	8,50
1er septembre.	15,0	3	4,25	4,00	8,25
	87,2	20		Moyenne....	8,38
Par jour.....	12,46	2,86			

On a analysé le lait trait le 1er septembre au matin.

Densité à 15 degrés............	1032,6	
Beurre.........................		3,30
Lactine........................		5,11
Caséum, albumine...............		3,94
Substances minérales...........		0,58
Matières sèches................		12,93
Eau............................		87,07
		100,00

La sécrétion lactée a augmenté très-notablement par l'addition de la farine à la ration de foin. La composition du lait n'a pas été modifiée.

VIII. *Ration de foin.*

On a jugé convenable de remettre la vache au régime du

foin seul pour constater si, dans l'expérience VII, l'augmentation du lait était due à l'influence de la farine.

	Foin.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
2 septembre....	15	4,05	3,90	7,95
3 »	15	4,00	3,80	7,80
4 »	12,7	4,00	3,48	7,48
5 »	11,0	4,20	3,48	7,68
	53,7		Moyenne....	7,73
Par jour........	13,42			

On a analysé le lait trait le 5 septembre au matin.

Densité à 15 degrés..............	1030,0
Beurre........................	3,96
Lactine........................	5,46
Caséum, albumine.............	3,13
Substances minérales...........	0,60
Matières sèches................	13,15
Eau...........................	86,85
	100,00

Le rendement en lait a diminué. La composition est restée à peu près dans les limites constatées dans l'expérience VII. Il y a cependant un léger accroissement dans la proportion de beurre.

IX. *Graine de lin ajoutée à la ration de foin.*

Cette expérience a été faite pour savoir si une substance riche en matière grasse augmenterait la proportion de beurre dans le lait.

La graine de lin, broyée, a été délayée d'abord dans de l'eau bouillante. Ensuite on a ajouté de l'eau froide pour ramener à la température de 30 à 35 degrés. Le breuvage

consistait en 1 partie de graine et 2 parties d'eau. La vache en recevait deux fois par jour, le matin et le soir; avec chaque kilogramme de graine elle prenait ainsi 2 litres d'eau.

	Foin.	Graine de lin.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil	kil	kil	kil	kil
6 septembre...	11,0	1	3,70	3,40	7,10
7 » ...	11,0	2	3,50	3,40	6,90
8 » ...	11,0	2	3,40	3,50	6,90
9 » ...	12,0	2	3,25	3,35	6,60
10 » ...	10,5	2	3,50	3,35	6,85
11 » ...	10,5	2	3,40	3,30	6,70
	66,0	11	Moyenne....		6,84
Par jour.......	11,0	1,83			

Le lait trait le 11 septembre au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés.......... 1031,6

Beurre.............	4,01
Lactine............	5,25
Caséum, albumine....	3,45
Substances minérales..	0,62
Matières sèches......	13,33
Eau...............	86,67
	100,00

La vache au régime dans lequel il entrait de la graine de lin a mangé moins de foin. La composition du lait ne diffère pas notablement de celle du lait obtenu dans l'expérience VI; et il est remarquable que la proportion de beurre n'ait pas augmenté, quoique dans $1^{kil},83$ de graine consommée chaque jour par la vache il y ait 300 à 400 grammes d'huile.

La sécrétion du lait a diminué. Serait-ce parce que $1^{kil},83$ de graine ne nourrissaient pas autant que les 4 kilogrammes de foin que la vache laissait dans le râtelier? ou

bien cette diminution est-elle la conséquence de l'âge de la traite?

X. *Ration de foin.*

Pour s'assurer si la diminution dans le rendement, reconnue dans l'expérience VIII, dépendait de l'âge de la traite, on a remis la vache au régime du foin.

	Foin.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
12 septembre....	12,5	3,65	3,100	6,75
13 »	12,5	3,10	3,15	6,25
14 »	12,5	3,20	3,10	6,30
15 »	12,5	3,45	3,10	6,55
16 »	12,5	3,20	2,45	5,65
17 »	12,5	3,10	2,95	6,05
Par jour.....	12,5		Moyenne...	6,26

Le rendement a continué à baisser.

Le 30 septembre, la vache a fourni 6^{lit},50 de lait, en consommant la même quantité de foin.

Le 3 octobre, le lait a été analysé.

Densité à 15 degrés........ 1031,0

Beurre....................	3,80
Lactine....................	4,74
Caséum, albumine..........	3,89
Substances minérales........	0,65
Matières sèches............	13,08
Eau.......................	86,92
	100,00

La vache avait fait son veau le 21 février, c'est-à-dire depuis deux cent vingt-cinq jours; comme une vache porte pendant environ quarante semaines, elle devait vêler vers le 27 novembre. On approchait donc de l'époque du part. Aussi le lait continuait-il à diminuer. Il était intéressant

d'examiner si la constitution du lait serait modifiée par cette circonstance.

On a, par conséquent, soumis à l'analyse le lait d'une vache de la même race, qui devait vêler dans un mois. La ration était du trèfle vert : on n'en obtenait plus que 2 litres de lait par vingt-quatre heures.

Densité à 15 degrés	1031,6	
Beurre		5,47
Lactine		5,41
Caséum, albumine		3,74
Substances minérales		0,85
Matières sèches		15,47
Eau		84,53
		100,00

On a aussi analysé un lait pris quelques jours avant la parturition. La vache d'où il provenait était à peu près *tarie*, c'est à peine si, en vingt-quatre heures, elle en donnait 1 litre.

C'était une race de la montagne, petite, osseuse, mais excellente laitière.

Densité à 15 degrés	1028,6	
Beurre		6,20
Lactine		2,89
Caséum, albumine		5,31
Substances minérales		1,00
Matières sèches		15,40
Eau		84,60
		100,00

Ces deux laits avaient cela de commun, qu'ils contenaient de fortes proportions de beurre.

L'âge de la traite apporte une assez grande incertitude dans les recherches sur l'influence de l'alimentation sur la sécrétion lactée. J'ai fait autrefois des observations sur la

diminution du lait rendu par une vache saillie, à mesure qu'augmentait le temps écoulé depuis le part. Je me bornerai à rappeler ici un de ces résultats.

		Lait mesuré.		
		lit		lit
1er mois après le vêlage (2 juin)	......	280	Par jour..	10
2e mois »	»	310	»	10
3e mois »	»	310	»	10
4e mois »	»	292	»	9,7
5e mois »	»	304	»	9,8
6e mois »	»	229	»	7,6
7e mois »	»	204	»	6,6
8e mois »	»	191	»	6,2
9e mois »	»	165	»	5,9
10e mois »	»	90	»	2,9
11e mois »	(avril, 20 jours)	20	»	1,0

DEUXIÈME SÉRIE.

On a fait une deuxième série d'expériences sur une vache noire, de la race de Fribourg, pesant 538 kilogrammes.

Cette vache avait fait son veau le 14 juin à minuit. A 5 heures du matin, on l'a traite; elle a donné environ 6 litres de lait, ou plutôt de colostrum d'un blanc jaunâtre. Après l'avoir bien mélangé, on en a pris un échantillon pour l'analyse. Ce colostrum s'est coagulé à la chaleur du bain-marie. La vache recevait des remoulages.

Densité à 15 degrés 1051,8

Beurre	2,78
Lactine	2,77
Albumine, caséum	14,35
Substances minérales	0,85
Matières sèches	20,75
Eau	79,25
	100,00

Le 15 juin, à 5 heures du matin, la vache a donné 3 litres de lait ayant encore l'aspect du colostrum, moins coloré cependant, et d'une densité de 1034,8 à 15 degrés; on a trouvé par l'analyse :

Beurre	3,60
Lactine	4,34
Albumine, caséum	5,49
Substances minérales	0,80
Matières sèches	14,23
Eau	85,77

Le 16 juin, à 5 heures du matin, la vache a donné 5^{lit},50 de lait ayant à peu près l'aspect normal.

Densité à 15 degrés 1033,9

Beurre	3,38
Lactine	4,34
Caséum, albumine	5,06
Substances minérales	0,77
Matières sèches	13,55
Eau	86,45
	100,00

Au bain-marie, il y a eu une légère coagulation, mais le liquide ne s'est pas pris en masse.

Les observations ont été commencées le 24 juillet :

XI. *Ration de foin.*

	Foin.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil	kil	kil	kil
24 juillet	15	6,80	7,10	13,80
25 »	15	7,20	6,70	13,90
26 »	15	7,10	6,95	14,05
27 »	15	7,15	7,30	14,45
28 »	15	7,45	6,80	14,20
29 »	15	7,30	6,80	14,10
30 »	15	7,35	6,90	14,25
Par jour...	15		Moyenne...	14,12

Le lait trait le 30 juillet au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés.........	1032,2
Beurre....................	3,42
Lactine...................	4,85
Caséum, albumine..........	3,02
Substances minérales.........	0,69
Matières sèches..............	11,98
Eau.....................	88,02
	100,00

XII. *Addition d'orge à la ration de foin.*

L'orge a été donnée, matin et soir, en farine que l'on délayait dans 4 parties d'eau. La vache, en prenant en breuvage 1 ou 2 kilogrammes d'orge, buvait ainsi 4 à 8 litres d'eau.

	Foin.	Orge moulue.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil	kil	kil	kil	kil
31 juillet........	15	2	7,10	7,15	14,25
1er août.........	15	2	6,80	6,80	13,60
2 ».........	14,5	2	7,30	7,00	14,30
3 ».........	15	2	7,10	6,20	13,30
4 ».........	15	2	7,00	7,70	14,70
5 ».........	11	1	6,40	6,70	13,10
	85,5	11		Moyenne..	13,88
Par jour....	14,25	1,83			

Le lait du 5 août a été analysé.

	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Moyenne.
Densité à 15 degrés.	1029,7	1028,7	
Beurre.............	4,90	4,92	4,91
Lactine.............	4,86	4,92	4,89
Caséum, albumine....	2,74	2,87	2,80
Substances minérales..	0,80	0,80	0,80
Matières sèches.......	13,30	13,51	13,40
Eau................	86,70	86,49	86,60
	100,00	100,00	100,00

Le rendement en lait est resté à peu près ce qu'il était dans l'expérience XI. Les analyses indiqueraient une très-notable augmentation dans la proportion de beurre.

La vache a été saillie le 5 août.

XIII. *Ration de trèfle vert.*

Suivant un usage adopté en vue de diminuer les chances de météorisation, le trèfle n'était mis dans le râtelier qu'après avoir passé vingt-quatre heures dans le *füttergang*. Il est alors moins aqueux. C'est à cet état qu'on le pesait.

	Trèfle.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
6 août	60	6,60	6,90	13,50
7 »	61	7,50	7,10	14,60
8 »	52,5	7,40	6,60	14,00
9 »	52,5	7,30	7,30	14,60
10 »	51	6,90	7,30	14,20
11 »	52	7,10	7,60	14,70
12 »	54	7,00	7,10	4,18
13 »	53	6,00	6,70	12,70
14 »	47	5,70	6,36	12,06
	483	Moyenne....		13,83
Par jour....	53,67			

Le lait trait le 14 août au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés...... 1029,5.

Beurre	5,06
Lactine......................	5,22
Caséum, albumine............	2,71
Substances minérales..........	0,70
Matières sèches...............	13,69
Eau..........................	86,31
	100,00

Le rendement n'a pas plus changé que la composition. Une forte proportion de beurre que l'on n'aurait pas manqué d'attribuer au régime du vert, si l'on n'eût pas trouvé la même richesse en beurre dans le lait de l'expérience XII, alors que la vache était rationnée avec du foin et de l'orge moulue.

XIV. *Ration de foin.*

La vache a été mise au régime du foin. On lui en donnait 15 kilogrammes toutes les vingt-quatre heures ; elle l'a mangé sans en laisser dans le râtelier.

	Foin.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
15 août	15	7,30	6,35	13,65
16 »	15	7,30	6,30	13,60
17 »	15	6,10	6,55	12,65
18 »	15	6,50	6,20	12,70
19 »	15	6,75	6,00	12,75
20 »	15	5,50	5,60	11,10
21 »	15	6,25	5,45	11,65
22 »	15	5,45	6,40	11,85
23 »	15	5,50	6,00	11,50
Par jour...	15		Moyenne...	12,38

On a analysé le lait du 20 août au matin.

Densité à 15 degrés....... 1030,0.

Beurre	3,74
Lactine....................	5,12
Caséum, albumine...........	2,48
Substances minérales.........	0,70
Matières sèches.............	12,04
Eau......................	87,96
	100,90

Il y a eu une assez forte diminution dans la sécrétion et dans la proportion de beurre.

XV. *Addition de la mélasse à la ration de foin.*

Certaines idées théoriques ont conduit M. Chossat à penser que le sucre favorise la production de la graisse dans l'organisme des animaux. Les travaux de l'un de mes élèves, Letellier, ont montré qu'en se plaçant dans les mêmes conditions que celles où avait observé M. Chossat, le sucre ne produit pas de matières grasses (1). C'est pour savoir si le sucre augmenterait la proportion de beurre dans le lait qu'on en a introduit dans la ration de la vache. La mélasse de sucre de canne, de très-bon goût, a été donnée diluée dans quatre fois son poids d'eau; de sorte qu'en en prenant 1 kilogramme la vache buvait 4 litres de ce liquide. Chaque jour on mettait dans le râtelier 15 kilogrammes de foin; comme on l'a toujours fait, on pesait ce qui restait à la fin de la journée.

			Lait.		
	Foin.	Mélasse.	Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil	kil
24 août	15,0	1	6,10	6,20	12,30
25 »	15,0	1	6,03	5,60	11,63
26 »	13,2	1	5,35	5,30	10,65
27 »	13,5	2	6,15	5,80	11,95
28 »	12,5	3	6,15	6,15	12,30
29 »	13,0	3	5,70	6,15	11,85
30 »	13,0	3	6,05	5,50	11,55
31 »	14,0	3	5,59	5,50	11,09
	109,2	17	Moyenne...		11,67
Par jour...	13,65	2,125			

Le lait du 31 août au matin a été analysé. On a voulu, en exécutant cette analyse, constater la richesse en matière grasse aux diverses périodes d'une même traite. Pour

(1) LETELLIER, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série.

atteindre ce but, on a recueilli successivement et séparément le lait à mesure qu'il sortait du pis.

La première prise a pesé......	398 gr
La deuxième................	628
La troisième................	1295
La quatrième................	1390
La cinquième................	1565
La sixième................	315
Poids de la traite...	5591

Le lait de chaque prise a été analysé.

	1re	2e	3e	4e	5e	6e
Beurre............	1,70	1,76	2,10	2,54	3,14	4,08
Lactine............	5,13	5,14	5,11	5,15	4,98	4,98
Caséum, albumine...	2,94	3,32	3,00	2,99	2,81	2,91
Substances minérales.	0,70	0,53	0,64	0,55	0,70	0,70
Matières fixes.......	10,47	10,75	10,85	11,23	11,63	12,67
Eau...............	89,53	89,25	89,15	88,77	88,37	87,33
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Densité à 15 degrés..	1033,9	1032,9	1032,5	1032,0	1031,2	1030,1

	Poids des prises.	Beurre.	Lactine.	Caséum.	Substances minérales.
1re prise..	398 gr	6,766 gr	20,417 gr	11,701 gr	2,786 gr
2e prise..	628	11,053	32,279	23,050	3,348
3e prise..	1295	27,195	66,174	38,850	8,288
4e prise..	1390	35,306	71,583	41,561	7,645
5e prise..	1565	49,141	77,937	43,977	10,955
6e prise..	315	12,852	15,687	9,167	2,205
Total...	5591	142,313	284,079	168,306	35,227

On en déduit pour la composition moyenne du lait de la traite du 31 août au matin :

Beurre..................	2,55
Lactine..................	5,08
Caséum, albumine.........	3,01
Substances minérales.......	0,63
Matières fixes.............	11,27
Eau.....................	88,73
	100,00

Ainsi qu'on le savait déjà par les analyses du lait d'ânesse et du lait de vache faites par M. Peligot et par M. Reiset, le lait est bien plus riche en beurre à la fin d'une traite qu'au commencement.

Par la ration où la mélasse est intervenue, le rendement en lait a baissé d'à peu près 1 kilogramme par jour. La question de savoir si cette baisse est due à l'âge de la traite et non au régime se reproduit toujours; mais la richesse en beurre a notablement diminué sous l'influence de la mélasse, bien que dans les $2^{kil},125$ de ce sirop, pris chaque jour, il entrait probablement $1^{kil},70$ de sucre, ce que peuvent contenir 22 kilogrammes de betteraves. Au reste, depuis longtemps nous nous sommes aperçu dans la pratique que la betterave, malgré sa richesse saccharine, ne pousse pas à la production du beurre quand on la fait entrer en forte proportion dans le régime de la vacherie.

La vache a pris avec avidité la boisson sucrée, et, par la consistance de ses excréments, on a pu s'assurer que la mélasse, même à la dose de 3 kilogrammes, n'avait pas exercé une action laxative; néanmoins l'appétit de la vache pour le foin a diminué : il est resté dans le râtelier, toutes les vingt-quatre heures, $1^{kil},6$ de ce fourrage.

XVI. *Ration de foin.*

La vache a été mise au régime du foin.

		Lait.		
	Foin.	Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil
1er septembre.........	14	5,65	5,90	11,55
2 »	15	5,85	5,60	11,45
3 »	15	5,60	6,10	11,70
4 »	13,7	5,80	5,60	11,40
5 »	12,3	5,80	5,10	10,90
	70,0	Moyenne...		11,40
Par jour...	14,0			

Le lait du 5 septembre au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés......... 1031,0.

Beurre....................	3,08
Lactine....................	5,45
Caséum, albumine.........	2,91
Substances minérales.......	0,64
Matières sèches...........	12,08
Eau......................	87,92
	100,00

Le rendement est resté ce qu'il était dans la dernière expérience. Le lait contenait un peu plus de beurre.

XVII. *Addition de la graine de lin à la ration de foin.*

Comme dans l'expérience IX, faite avec la vache blanche, on s'est proposé de rechercher si un aliment très-riche en principes gras déterminerait un accroissement de beurre dans le lait. La graine de lin broyée a été donnée en breuvage deux fois par jour. En consommant 1 kilogramme de farine de lin, la vache prenait 2 litres d'eau.

	Foin.	Graine de lin.	Lait. Matin.	Soir.	Total.
	kil	kil	kil	kil	kil
6 septembre.....	12,5	1	5,10	5,70	10,80
7 »	11,0	2	4,80	4,40	9,20
8 »	12,0	2	4,90	5,10	10,00
9 »	12,0	2	5,00	5,00	10,00
10 »	10,5	2	4,95	4,70	9,65
11 »	10,5	2	5,45	4,70	10,15
	68,5	11	Moyenne...		9,97
Par jour...	11,48	1,83			

Le lait du 11 septembre au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés.......... 1029,5.

Beurre..................	3,84
Lactine.................	4,86
Caséum, albumine.........	2,98
Substances minérales.......	0,69
Matières fixes.............	12,37
Eau......................	87,63
	100,00

Le rendement a continué à baisser. La proportion de beurre dans 100 de lait est montée de 3,08 à 3,84 ; néanmoins, cette dose ne dépasse pas la proportion normale, quoique, chaque jour, dans la ration, il entrât près de 400 grammes d'huile de lin.

Sous ce régime, la vache a consommé moins de foin.

XVIII. *Ration de foin.*

Pour savoir si la diminution d'un dixième dans le rendement en lait que l'on venait de constater dépendait du régime dans lequel il était entré une graine oléagineuse, régime ayant pour effet de réduire la consommation du foin, ou si cette diminution de rendement était simplement une conséquence de l'âge de la traite, la vache a été de nouveau rationnée avec du foin seulement, toujours donné à discrétion.

	Foin.	Lait. Matin.	Lait. Soir.	Lait. Total.
	kil	kil	kil	kil
12 septembre.........	12,5	5,25	4,30	9,55
13 »	12,5	4,40	4,65	9,05
14 »	12,0	4,45	4,85	9,30
15 »	13,0	4,20	4,60	8,80
16 »	13,0	4,95	4,20	9,15
17 »	12,0	4,60	4,35	8,95
	75,0	Moyenne...		9,13
Par jour...	12,5			

Le lait du 17 septembre au matin a été analysé.

Densité à 15 degrés........ 1031,0.

Beurre	3,74
Lactine..................	4,97
Caséum, albumine........	2,80
Substances minérales.......	0,69
Matières sèches............	12,20
Eau	87,80
	100,00

Le rendement a continué à baisser, si on le compare à celui de l'expérience précédente. La composition du lait n'a pas varié notablement. La proportion de beurre, qui était de 3,84, est devenue 3,74.

La vache a mangé par jour 1 kilogramme de foin en plus qu'elle n'en consommait dans l'expérience XVII.

J'ai réuni dans un tableau les résultats constatés dans le cours de ces recherches, en mettant en regard de la production du lait, l'âge de la traite, le temps écoulé depuis l'époque à laquelle la vache avait vêlé.

EXPÉRIENCES	ALIMENTS consommés par jour.	COMPOSITION DU LAIT.						LAIT obtenu en 24 h.	AGE de la traite.
		BEURRE	LACTINE.	CASÉUM ALBUMINE.	SUBSTANCES minérales.	MATIÈRES sèches.	EAU.		
	VACHE BLANCHE.								
I.....	Foin..... kil 13,07	3,60	5,10	3,54	0,65	12,89	87,11	kil 8,22	jours 135
II.....	Foin..... 13,37								
	Tourteau.. 1,56	3,34	4,92	3,51	0,62	12,39	87,61	9,35	142
III....	Foin..... 14,07								
	Féverole.. 2,01	3,39	5,10	2,99	0,62	12,10	87,90	9,97	151
IV....	Foin..... 14,09	3,66	5,11	3,40	0,65	12,82	87,18	8,74	160
V.....	Trèfle.... 46,00	"	"	"	"	"	"	8,98	170
VI.....	Foin..... 15,00	3,72	5,12	3,26	0,65	12,75	87,25	7,63	180
VII...	Foin..... 12,46								
	Farine.... 2,86	3,30	5,11	3,94	0,58	12,93	87,07	8,38	18)
VIII...	Foin..... 13,42	3,96	5,46	3,13	0,60	13,15	86,85	7,73	195
IX.....	Foin..... 11,00								
	Lin...... 1,83	4,01	5,25	3,45	0,62	13,33	86,67	6,84	201
X.....	Foin..... 12,50	3,80	4,74	3,89	0,65	13,08	86,92	6,26	206
	VACHE NOIRE.								
XI....	Foin..... kil 15,00	3,42	4,85	3,02	0,69	11,98	88,02	14,12	43
XII...	Foin...... 14,25								
	Orge...... 1,83	4,91	4,89	2,80	0,80	13,40	86,60	13,88	47
XIII..	Trèfle.... 53,67	5,06	5,22	2,71	0,70	13,69	86,31	13,83	55
XIV..	Foin..... 15,00	3,74	5,12	2,48	0,70	12,04	87,96	12,38	63
XV...	Foin..... 13,65								
	Mélasse... 2,13	2,55	5,08	3,01	0,63	11,27	88,73	11,67	72
XVI..	Foin..... 14,00	3,08	5,45	2,91	6,64	12,08	87,92	11,40	78
XVII..	Foin..... 11,48								
	Lin...... 1,83	3,84	4,86	2,98	0,69	12,37	87,63	9,97	85
XVIII.	Foin..... 12,50	3,74	4,97	2,80	0,69	12,20	87,80	9,13	95

Ces analyses confirment ce que j'ai reconnu autrefois dans une suite d'observations faites dans nos étables, à savoir : que la nature des aliments n'exerce pas, comme on l'a prétendu, une influence bien marquée sur la constitution chimique du lait (je ne dis pas sur la qualité, sur la saveur, l'arome) (1). Je reproduirai ici les données qui ont conduit à cette conclusion, en rappelant qu'à l'époque à laquelle elles ont été obtenues on ne dosait pas la lactine aussi exactement qu'on l'a fait depuis.

Composition du lait produit sous l'influence de divers régimes ; les vaches étant rationnées avec l'équivalent de 15 kilogrammes de foin (race de Schwitz).

Aliments.	Beurre.	Lactine.	Caséum, albumine et matières minérales.	Matières fixes.	Eau.	Age de la traite.
Foin	4,5	4,7	3,1	12,3	87,7	200 jours.
Foin ; trèfle vert	3,5	4,5	3,2	11,2	88,8	24 »
Trèfle vert	5,6	4,2	3,4	13,2	86,8	35 »
Trèfle vert	3,5	5,2	3,9	12,6	87,4	204 »
Foin ; pommes de terre	4,8	5,1	3,6	13,5	86,5	176 »
Pommes de terre	4,0	5,9	3,6	13,5	86,5	229 »
Betteraves	4,0	5,3	3,6	12,9	87,1	215 »
Navets	4,2	5,0	3,2	12,4	87,6	207 »
Topinambours	3,5	5,5	3,5	12,5	87,5	290 »

Ces recherches tendent à établir qu'un aliment riche en principes gras n'élève pas perceptiblement la proportion du beurre dans le lait sécrété par la vache qui le consomme. En effet :

La moyenne du beurre contenu dans 100 de lait, produit, sous l'influence d'une ration dans laquelle il n'entrait ni tourteau de colza ni graine de lin, a été 3,71

100 de lait, produit sous l'influence du tourteau, contenaient (II) : beurre 3,34

100 de lait, produit sous l'influence de la graine de lin, contenaient (IX) 4,01

100 de lait, produit sous l'influence de la graine de lin, contenaient (XVII) 3,84

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 522, 2[e] édit.

La différence en faveur de l'intervention d'un aliment chargé de graisse est bien peu de chose, et, en consultant le tableau, l'on y trouve des laits riches en beurre, sans que la ration mise dans le râtelier ait contenu des tourteaux ou des graines oléagineuses.

Par exemple :

100 de lait, venant d'un régime au foin seul (VIII), renfermaient : beurre 3,96

100 de lait, d'un régime foin et orge (XII), renfermaient : beurre.............. 4,91

100 de lait, d'un régime au trèfle vert (XIII), renfermaient : beurre...... 5,06

Ces proportions de beurre, supérieures à la proportion moyenne, se présentent assez fréquemment dans la lactation, sans que l'on puisse les attribuer à la nature ou à la quantité des aliments consommés par l'animal ; elles se montrent et disparaissent sans causes apparentes. Ce qui frappe dans l'ensemble de ces analyses, toutes exécutées par le même procédé et par le même opérateur, c'est la constance de la proportion de lactine ; cette constance a, je crois, été signalée pour la première fois par M. Poggiale ; depuis que le dosage de ce glucoside a été perfectionné, elle devient de plus en plus manifeste, et on la voit persister, quelles que soient les variations que subissent les proportions de matières grasses ou de substances albuminoïdes. Dans le cours de ce travail, il ne s'est présenté qu'une exception, encore était-ce dans un lait d'une composition véritablement anormale, provenant d'une vache à peu près tarie, puisqu'elle ne rendait plus qu'un litre par jour. Dans 100 de ce lait, trait peu de temps avant le vêlage, on a dosé 2,9 de lactine ; une très-forte proportion de beurre, 6,2, et une proportion non moins forte de principes albuminoïdes, 5,3. C'est seulement dans le co-

lostrum que l'on a rencontré une aussi faible quantité de lactine : 2,8 pour 100, et 4,3 un peu plus tard. Dans le colostrum il y a aussi, comme dans le lait de la vache tarie, de fortes proportions de principes albuminoïdes : 14,4 d'abord, puis plus tard 4,34 pour 100. Il y a toutefois cette différence que dans le colostrum la proportion de beurre est plus faible que dans le lait.

Dans des recherches faites avec précision, quand on a, d'un côté, pesé exactement l'aliment mis dans le râtelier; de l'autre, le lait rendu par la vache, il est possible d'exprimer la relation qui existe entre le fourrage consommé et le lait produit. Ce rapport a de tout temps excité l'intérêt des cultivateurs; mais, il faut bien le reconnaître, les nombres présentés par des observateurs d'ailleurs très-consciencieux sont loin de s'accorder entre eux. Les variations tiennent évidemment à une circonstance que l'on a souvent négligé d'indiquer, l'*âge de la traite*, qui modifie singulièrement le rapport que l'on veut établir.

Dans les expériences que je viens d'exposer, on est arrivé aux résultats que voici :

Sous l'influence de 100 kilogrammes de foin consommé :

Expériences.	Lait obtenu.	Age de la traite.	
XI	94 kilogrammes.	43 jours.	Vache noire.
XIV	82 »	63 »	
XVI	81 »	78 »	
XVIII	73 »	95 »	
I	63 »	135 »	Vache blanche.
IV	62 »	160 »	
VI	51 »	180 »	
VIII	58 »	195 »	
X	50 »	206 »	

Ce sont des rapports fort différents de ceux adoptés par les praticiens ainsi, 100 kilogrammes de foin produiraient

D'après Veit.........	33	litres de lait.
» Pabst........	37 à 49	»
» Dailly.......	30 à 40	»

La moyenne, dans nos étables, a été 45 litres (1); quelques observations portant sur une seule vache ont donné, toujours pour 100 kilogrammes de foin consommé, 40, 45, 58 litres de lait. Le rendement en lait dépend donc de l'âge de la traite. Lorsqu'il s'agit d'une vache que l'on fera saillir, le maximum a lieu après le vêlage, avant que la vache porte; puis il baisse graduellement, à mesure que le fœtus se développe, pour cesser entièrement lors de l'apparition du veau, pesant 50 à 55 kilogrammes; et comme, après le part et durant tout le temps de la gestation, la vache est rationnée avec la même quantité de fourrages, il s'ensuit que, selon que l'on prendra l'époque de l'abondance ou l'époque de la rareté du lait, on trouvera que la sécrétion accomplie sous l'influence d'une consommation de 100 kilogrammes de foin sera plus ou moins forte. Il est aisé de se convaincre qu'il en est ainsi, et, pour le démontrer, je présenterai d'abord les observations faites sur une vache (Formosa), qui avait vêlé le 2 juin. Comme toutes les bêtes de l'étable, sa ration quotidienne était 15 kilogrammes de foin en nature ou en équivalents.

		Lait rendu	
		par jour.	pour 100 kil. de foin.
	lit	lit	lit
En juin.........	380,5	13,6	91
En juillet.......	450,5	14,5	97
En août........	379,5	12,2	81
En septembre....	304,0	10,1	67
En octobre......	187,5	6,0	40
En novembre....	126,0	4,0	27
En décembre....	97,0	3,1	21

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 524, 2e édition.

La moyenne du lait rendu par jour, dans le cours de l'année, par des vaches de la même race, soumises au même régime, étant de 6 à 7 litres, il s'ensuit que le lait attribuable à l'influence de 100 kilogrammes de foin sera en moyenne de 40 à 47 litres : c'est ainsi, sans le moindre doute, qu'a été obtenu le rapport exprimé par les praticiens. Voici, au reste, des observations faites sur les deux vaches qui ont fourni le lait dans ces expériences. Chaque traite était reçue dans un baquet jaugé. Les vaches ont été rationnées à raison de 15 kilogrammes de foin, en nature, ou en équivalents. Les jaugeages sont donnés par décades.

I. *Vache blanche ayant vêlé le* 21 *février* 1858.

	Lait.	Lait par jour.	Age de la traite.	Lait produit sous l'influence de 100 kil. de foin.
	lit	lit	jours	lit
1er-10 avril.	120,0	12,00	43	80
11-20 »	115,5	11,55		
21-30 »	115,0	11,50		
1er-10 mai.	104,0	10,40	74	69
11-20 »	98,5	9,85		
21-31 »	95,0	9,50		
1er-10 juin.	95,0	9,50	104	63
11-20 »	92,25	9,22		
21-30 »	92,2	9,22		
1er-10 juillet. . . .	80,5	8,05	135	54
11-20 » . . .	98,2	9,82		
12-31 »	103,5	9,41		
1er-10 août. . . .	85,0	8,50	166	57
11-20 »	81,25	8,12		
21-31 »	86,5	7,86		
1er-10 septembre. .	74,5	7,45	196	50
11-20 » . .	55,75	5,57		
21-30 » . .	58,5	5,85		

	Lait.	Lait par jour.	Age de la traite.	Lait produit sous l'influence de 100 kil. de foin.
	lit	lit	jours	lit
1er-10 octobre ...	59,0	5,90	227	39
11-20 » ...	56,0	5,60		
21-31 » ...	54,5	4,95		
1er-10 novembre..	45,0	4,51	257	30
11-20 » ..	41,0	4,10		
21-30 » ..	37,0	3,70		
1er-10 décembre..	34,0	3,40	287	23
11-20 » ..	23,75	2,37		
21-31 » ..	8,75	0,88		
1er-7 janvier 1859.	3,5	0,50	320	3

La vache a vêlé le 20 avril 1859.

II. *Vache noire ayant vêlé le* 10 *juillet* 1858.

	Lait.	Lait par jour.	Age de la traite.	Lait produit sous l'influence de 100 kil. de foin.
	lit	lit	jours	lit
25-31 juillet....	102,25	14,61	18	97
1er-10 août.....	137,5	13,75		
11-20 »	129,25	12,93		
21-31 »	131,5	11,96	49	80
1er-10 septembre.	107,25	10,73		
11-20 » .	88,25	8,83		
21-30 » .	88,25	8,83	79	59
1er-10 octobre...	86,25	8,63		
11-20 » ...	84,0	8,40		
21-31 » ...	82,5	7,50	110	50
1er-10 novembre..	75,0	7,50		
11-20 » ..	75,25	7,53		
21-30 » ..	76,0	7,60	140	51
1er-10 décembre..	73,75	7,38		
11-20 » ..	75,0	7,50		
21-31 » ..	82,5	7,50	171	50
1er-10 janvier 1859	80,0	8,00		
11-20 »	74,0	7,40		

	Lait.	Lait par jour.	Age de la traite.	Lait produit sous l'influence de 100 kil. de foin.
	lit	lit	jours	lit
20-31 janvier....	71,5	7,15	202	48
1er-10 février....	55,0	5,50		
11-20 »	54,5	5,45		
21-28 »	40,0	5,00	230	33
1er-10 mars....	50,0	5,00		
11-20 »	49,75	4,98		
21-31 »	50,5	4,59	261	31
1er-10 avril......	37,5	3,75		
11-20 »	30,0	3,00		
21-30 »	15,0	1,50	291	10

La vache a vêlé le 13 juin 1859.

On a pu voir que les aliments ajoutés à la ration normale n'ont pas provoqué une sécrétion du lait plus abondante; cela a tenu à ce que, dans la plupart des cas, la vache, en les acceptant, délaissait une partie des 15 kilogrammes de foin mis à sa disposition; aussi n'était-elle pas toujours mieux nourrie avec la ration mixte, et, l'eût-elle été, que le lait ne serait pas devenu sensiblement plus abondant, parce que, dans la lactation comme dans l'élève et dans l'engraissement, les effets produits sont loin d'être proportionnels aux aliments ajoutés en excès au régime normal, et que, d'ailleurs, dans les expériences qui ont fait le sujet de ce travail, le supplément d'aliments réuni au foin, en vue de modifier la constitution du lait, était toujours donné en faible proportion. Aussi est-il bien reconnu dans la pratique que, sous le rapport pécuniaire, il est rarement avantageux de pousser au delà de certaines limites la production du lait, le développement des animaux, la formation de la graisse.

SUR

LA FERMENTATION DES FRUITS A NOYAU,

PAR M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

DEUXIÈME PARTIE.

Avant de procéder à de nouvelles expériences sur la fermentation des fruits, j'ai cru qu'il était intéressant de constater les changements survenus dans le cidre, dans le vin, obtenus en 1864 et 1865, conservés dans un cellier.

Cidre. — Il était d'un jaune pâle et présentait un léger dépôt.

Dans 1 litre on a dosé :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
	gr		gr
En 1866	6,10	45,79	4,08
En 1864	7,6	45,50	4,02
	— 1,50	+ 0,29	+ 0,06

La constitution du cidre n'avait donc pas sensiblement changé depuis 1864; $1^{gr},5$ de glucose avait disparu, et la faible quantité d'alcool développée ne répondait qu'à la moitié de la matière sucrée éliminée; l'acidité avait à peine augmenté.

Vin rouge de Lamperstloch. — Couleur rouge clair, limpide. Il s'était déposé un sédiment de quelques centimètres cubes renfermant des cristaux de bitartrate de potasse.

Dans 1 litre on a dosé :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
	gr		gr
En 1866...........	7,01	93,67	3,63
En 1865...........	7,63	100,27	4,17
	— 0,62	— 6,60	— 0,54

Pendant sa conservation en bouteille, la proportion du glucose est restée à peu près la même, mais les $\frac{7}{100}$ de l'alcool avaient disparu; cependant l'acidité avait diminué, ce qu'explique au reste la précipitation d'une certaine quantité de crème de tartre.

Fermentation des prunes de mirabelle. — La fermentation des prunes de mirabelle faites en 1865 avait présenté des résultats anormaux; on n'avait obtenu que les $\frac{48}{100}$ de l'alcool qu'aurait dû produire le glucose. D'un autre côté, la proportion d'acide développé pendant la fermentation avait été considérable; en effet, en représentant par 100 l'acide contenu dans les prunes, l'acide du produit fermenté l'aurait été par 273. Cependant rien ne paraissait indiquer qu'il y ait eu fermentation lactique ou acétique. On fut alors conduit à se demander si la matière sucrée intervertie par l'acide préexistait en totalité dans les mirabelles à l'état de sucre analogue au sucre de canne, pouvant subir la fermentation alcoolique, ou si elle ne renfermait pas une matière non fermentescible avant l'interversion et que, par conséquent, l'on ne devait pas considérer comme un producteur d'alcool. Dans cette discussion j'ai eu l'occasion de montrer que certaines matières telles que la gomme du prunier, ne fermentant pas sous l'influence de la levûre de bière, fermentent au contraire après avoir été traitées par un acide. Or, comme dans un fruit on dose assez souvent le glucose après l'interversion, la présence d'une substance analogue à celle que l'on vient de signaler ferait que l'on évaluerait trop haut la proportion de la matière fermen-

tescible. Enfin, on avait négligé de rechercher si les mirabelles après la fermentation renfermaient encore une substance capable de donner du glucose par l'action d'un acide. Une nouvelle expérience était donc nécessaire.

Le 25 août, 2419^{gr},8 de mirabelles privées de leurs noyaux ont été mises dans un vase en verre, muni d'un tube abducteur dont l'extrémité plongeait dans du mercure, disposition prise pour que la fermentation, une fois commencée, continuât en l'absence de l'air atmosphérique. Le 27 août le dégagement du gaz acide carbonique était très-abondant.

La température était de 23 degrés.

Le 28, la fermentation continue avec la même activité, puis elle ne tarde pas à se calmer.

Le 13 septembre, le dégagement gazeux avait presque cessé. En ouvrant le flacon, on sentit une odeur vineuse ayant le parfum de la mirabelle. Les pulpes surnageaient dans un liquide jaune, légèrement trouble. Elles avaient conservé leur couleur, l'oxygène de l'air n'ayant pu pénétrer dans le vase où elles avaient fermenté. Comme dans l'expérience faite l'an passé, il s'était formé un sédiment blanc ressemblant à un dépôt d'amidon.

Après la fermentation, la matière a été jetée sur une passette; on a retiré :

Liquide	gr 1214,7
Pulpe égouttée	1036,8
Poids des mirabelles après la fermentation	2251,5

Dans 1 kilogramme de pulpe après la fermentation, dosé :

Glucose	gr 24,165
Alcool	47,40
Acide exprimé en (SO^3,HO)	5,75
Ammoniaque	0,00

Dans 1 kilogramme de liquide fermenté on a dosé :

Glucose	gr 18,78
Alcool	73,10
Acide exprimé en (SO^3,HO)	6,29
Ammoniaque	0,00

De ces dosages il résulte que la matière fermentée contenait :

	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
Dans 1214gr,7 de liquide...	gr 22,81	gr 88,79	gr 7,64
Dans 1036,8 de pulpes...	25,05	49,14	5,96
	47,86	137,93	13,60

Constitution des mirabelles sans noyaux. — Dans 1 kilogramme on a dosé :

Glucose	gr 93,31		gr 93,31
Sucre interversible	79,79	= glucose.	83,99
Acide exprimé en SO^3,HO	7,94		
Ammoniaque	0,00		
Glucose total			177,30

Dans les 2419gr,8 de mirabelles mises à fermenter, il y avait par conséquent :

Glucose	225,79
Sucre interversible	193,07
Acide exprimé en (SO^3,HO)	19,21

Premier résumé.

Mirabelles.	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
Avant la fermentation .	gr 2419,8	429,03	»	gr 19,21
Après la fermentation.	2251,5	47,86	137,93	13,60
	— 168,3	— 381,17	+ 137,93	— 5,61

Les 381,17 de glucose disparu auraient dû donner 194,81 d'alcool; on en a obtenu 137,9, les 71 centièmes seulement.

Le déficit est considérable, bien que moins fort qu'en 1865, où l'on ne retira que les 48 centièmes de l'alcool théorique. Cette perte paraissait pouvoir être expliquée par l'acidité survenue pendant la fermentation ; mais dans l'expérience que je discute, toutes les précautions avaient été prises pour empêcher l'accès de l'air, et par le fait il n'y avait pas d'acidification, puisqu'on a trouvé moins d'acide dans les produits fermentés qu'il n'y en avait dans les mirabelles.

En 1865, on avait remarqué qu'en ne faisant intervenir dans la discussion que la lévulose ou le glucose préexistant dans le fruit, sans tenir aucun compte de celui développé par l'interversion, on arrivait à une relation beaucoup plus satisfaisante entre le glucose disparu et l'alcool apparu, ce qui semblait indiquer dans la matière fermentée la présence d'une matière ne réduisant pas la liqueur cuivrique avant d'avoir été traitée par un acide, comme il arrive pour le sucre de canne, mais présentant avec ce dernier cette différence qu'elle ne fermente pas si elle n'a pas été intervertie, et que par cela même on doit retrouver après la fermentation.

Il y a en effet dans les mirabelles fermentées une substance n'agissant sur la liqueur cuivrique qu'après avoir été traitée par un acide; or, comme dans le dosage des matières sucrées du fruit, on a fait intervenir un acide pour faire passer le sucre à l'état de glucose, il est évident qu'on a aussi transformé en glucose cette substance qui n'est pas du sucre, puisqu'après la fermentation nous la retrouvons avec sa propriété caractéristique, celle qui appartient à certaines gommes, c'est-à-dire de ne réduire la liqueur de Fehling qu'après avoir été modifiée par l'action d'un acide. Quand on exprime donc, comme on l'a fait dans le résumé

précédent, la matière sucrée fermentescible par la totalité du glucose, on commet une erreur, puisque l'on fait entrer dans le glucose celui fourni par une matière qui résiste à la fermentation.

Pour corriger cette erreur, il convient de déterminer dans la matière fermentée le glucose que produit par l'action de l'acide la matière non fermentescible, et retrancher ce glucose du glucose total trouvé dans le fruit après l'interversion; c'est ce que l'on a fait, et voici les résultats :

Dans 1 kilogramme de la partie liquide des mirabelles fermentée on avait trouvé :

Glucose....................	18gr,78
Après l'ébullition du même liquide, auquel on avait ajouté $\frac{1}{100}$ d'acide chlorhydrique pur, dosé..................	30,94 de glucose.
Glucose développé......... ..	12,16

On ne saurait affirmer que ces 12gr,16 de glucose proviennent de 11gr,55 de sucre des mirabelles qui aurait échappé à la fermentation; ce qu'il y a de certain, c'est que dans 1 kilogramme du liquide, après l'interversion, il y avait l'équivalent de 30gr,94 de glucose.

Dans 1 kilogramme de pulpe fermentée, on avait trouvé :

Glucose....................	24gr,165
Après l'action de l'acide, on a dosé glucose....	39,810
Glucose développé..........	15,645

Le glucose, ou la substance quelle qu'elle soit pouvant fournir du glucose, est donc en plus forte proportion dans les mirabelles fermentées qu'on ne l'avait trouvé d'abord; la

perte du glucose a donc été réellement moindre que celle que l'on voit figurer dans le premier résumé; avec ces nouvelles données, on obtient le résultat suivant dans l'expérience sur les mirabelles.

Deuxième résumé.

	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
Avant la fermentation.	gr 2419,8	429,03	»	gr 19,21
Après la fermentation.	2251,5	78,86	137,93	13,60
	— 168,3	— 350,17	+ 137,93	— 5,61

Le glucose disparu aurait dû produire 178gr,97 d'alcool au lieu de 137gr,93 que l'on a obtenus, les 76 centièmes de l'alcool théorique. Le déficit en alcool, bien qu'atténué, est donc encore considérable, et il n'y a pas lieu de l'attribuer à l'acidification. Si l'on représente par 100 l'acide des mirabelles, l'acide du fruit fermenté serait 78; il y avait eu diminution d'acide pendant la fermentation. On remarquera que la perte de 168gr,3 éprouvée dans la fermentation représente, à très-peu près, le gaz acide carbonique (171gr,6) qu'aurait dû donner le glucose disparu.

Fermentation des zwetschen (prunes). — Le prunier à fruits oblongs, à peau d'un brun foncé, le Zwetschenbaum, est fort cultivé en Alsace; dans le seul arrondissement de Wissembourg on compte 30 000 pruniers produisant en moyenne 6000 hectolitres de prunes. On estime que le tiers de la récolte est consommé frais, ou bien transformé en pruneaux, et que le reste est mis à fermenter.

L'hectolitre de prunes vaut de 5 à 10 francs, et, d'après l'évaluation des brûleurs, de l'hectolitre on retire 16 litres d'eau-de-vie.

La prune du Zwetschenbaum mûrit généralement dans le milieu de septembre; on l'abat à la gaule.

On jugera de la valeur relative de l'eau-de-vie de prunes et de l'eau-de-vie de cerises par leurs prix, le litre de zwetschenwasser, à 54 degrés centésimaux, valant 80 centimes, et le kirschenwasser 2 à 3 francs.

Le 14 septembre, on a disposé un flacon à deux tubulures, de manière qu'un tube abducteur partant de l'une des ouvertures allait s'engager dans une cuve à mercure. Par l'autre goulot, on a introduit 6639gr,6 de zwetschen dont on avait enlevé les noyaux. La fermentation est devenue manifeste le lendemain, sa marche a été très-régulière jusqu'à la fin de septembre, où elle s'est ralentie. Le 9 octobre, il ne se dégageait plus de bulles de gaz qu'à de rares intervalles, l'appareil a été démonté.

Les pulpes étaient rassemblées à la partie supérieure d'un liquide rouge sale, un peu trouble; au fond du vase adhérait ce léger sédiment blanc ayant l'apparence de l'amidon, déjà remarqué dans la fermentation des mirabelles; mais on ne voyait pas ce dépôt de lie d'un assez grand volume, que l'on avait trouvé au fond du vase dans lequel avait eu lieu la fermentation du moût de raisin, du moût de pommes, et même, comme on le verra bientôt, du jus de zwetschen, d'où il faut conclure que le ferment développé pendant la fermentation des prunes en nature reste en grande partie emprisonné dans le tissu cellulaire du fruit.

De la matière fermentée on a retiré :

Partie liquide.	3989gr,3
Pulpe égouttée.	2231,2
	6220,5

Constitution des zwetschen. — Dans 1 kilogramme de prunes privées de noyaux, on a dosé :

Glucose (lévulose)......	76gr,14		76gr,14
Sucre (matière interversible)............	45,29	= glucose.	47,91
Glucose total..........			124,05
Acide exprimé en (SO^3,HO)	7,08		
Ammoniaque.........	0,00		

Dans 1 kilogramme de la partie liquide recueillie après la fermentation :

Glucose.............	7gr,04		7,04
Substance interversible (sucre?)...........	3,76	= glucose.	3.96
Glucose total..........			11,00
Alcool...............	61,22		
Acide exprimé en (SO^3,HO)	5,80		

Dans 1 kilogramme de pulpes égouttées :

Glucose.............	6gr,37		6gr,37
Substances interversibles (sucre?)...........	3,45	= glucose.	3,63
Glucose total..........			10,00

Résumé.

Après la fermentation :	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
Liquide.....	3989gr,3	43gr,88	245,82	23gr,10
Pulpes......	2231,2	22,31	106,03	13,61
	6220,5	66,19	351,85	36,71
Avant la fermentation..	6639,6	823,60	»	47,01
Différence...	— 419,1	— 757,41	+ 351,85	— 10,30

Les 757gr,41 de glucose disparus auraient dû produire 387,11 d'alcool, on en a obtenu 351gr,85, à peu près les 91 centièmes.

Il y a eu diminution dans l'acidité.

Si l'acidité est exprimée par 100, avant la fermentation, l'acidité serait 78 dans le fruit fermenté.

La perte de poids attribuable au dégagement du gaz acide carbonique et à la vapeur d'eau a été de 419 grammes. L'acide carbonique produit par les 757 grammes de glucose détruit ne dépasserait pas 372 grammes.

Jus de zwetschen. — Cette expérience a eu pour objet de comparer le résultat de la fermentation du suc de prunes extrait du fruit à celui de la fermentation de la pulpe.

Le suc a été obtenu en jetant les prunes broyées sur un canevas à larges mailles placé dans un entonnoir.

La liqueur rougeâtre légèrement trouble avait une densité de 1068 à la température de 15°,7.

Le 16 septembre, 800 centimètres cubes de suc, pesant d'après la densité 854 grammes, ont été mis dans un flacon muni d'un tube de dégagement dont l'extrémité plongeait dans du mercure. La fermentation est devenue manifeste le surlendemain; elle a continué avec calme, le dégagement de gaz ayant toujours eu lieu avec lenteur. Le 9 octobre on l'a considérée comme terminée. Le liquide clair, d'une odeur vineuse, d'une teinte de rubis, reposait sur un sédiment floconneux peu abondant. Le suc fermenté était peu acide à la dégustation; son volume, y compris le sédiment, était 787 centimètres cubes, sa densité étant 1027 (température 15 degrés); il devait peser 808^{gr},25.

Constitution du suc de zwetschen. — Avant la fermentation.

Dans 1 litre de suc dosé :

Glucose (lévulose)	76^{gr},64	76^{gr},64
Sucre et substances intervertibles	54,50 = glucose.	57,37
Glucose total		134,01
Acide exprimé en (SO^3,HO)	7,78	

Après la fermentation.

Dans 1 litre dosé :

Glucose	5gr,96		5gr,96
Sucre? (substances inter-versibles)	4,32	= glucose.	4,55
Glucose total			10,51
Alcool	60,54		
Acide exprimé en (SO^3,HO)	5,02		

Résumé.

	Volumes.	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3,HO.
Avant la fermentation.	800cc	854gr,40	107gr,21	»	6gr,22
Après la fermentation.	787	808,25	8,27	47,64	3.95
	— 13	— 46,15	— 98,94	+ 47,64	— 2,27

Le glucose détruit aurait dû être remplacé par 50gr,57 d'alcool : on en a obtenu 47gr,64, les 94 centièmes. L'acidité a diminué par la fermentation ; en la représentant par 100 dans le suc de prunes, elle devient 64 dans le suc fermenté.

La perte de poids, 46gr,15, n'est pas éloignée du poids de l'acide carbonique, 48gr,38, pouvant provenir du carbone du glucose éliminé. La différence entre l'alcool obtenu et l'alcool déduit de la disparition du glucose a été notablement moins forte dans la fermentation du suc de prunes que dans la fermentation des fruits en nature. On a reconnu que, avant l'interversion par l'acide chlorhydrique, le suc fermenté de zwetschen précipite par l'addition de l'alcool, ce qui rend extrêmement probable que le glucose développé par l'interversion est dû à la modification éprouvée par une matière gommeuse non fermentescible, préexistant dans le fruit.

*Fermentation du suc de l'*Agave americana. — C'est en laissant fermenter la séve de l'agave, recueillie après l'ablation du bourgeon que devait produire la hampe, que les Mexicains obtenaient avant la conquête et obtiennent encore aujourd'hui le *pulque*, la boisson favorite des habitants du plateau de l'Anahuac. La culture de l'agave est des plus importantes par son étendue; la séve de cette plante, quand elle n'a pas fermenté, fournit un sirop fort recherché, du miel et même du sucre analogue au sucre de canne. Du pulque soumis à la distillation, on retire une eau-de-vie, le *mexical*, tellement estimée, qu'elle fait concurrence aux eaux-de-vie d'Espagne.

Le pulque, par sa teneur en alcool, par sa saveur douce quand la fermentation n'est pas achevée (*pulque dulce*), par son goût assez acerbe (*pulque fuerte*) alors que tout le principe sucré a été transformé, a quelque ressemblance avec le cidre. Il est cependant différent par une odeur des plus désagréables, rappelant celle de la viande faisandée et évidemment développée pendant la fermentation, puisque le moût extrait de l'agave est inodore.

On est, au reste, partagé sur la cause de la fétidité du pulque; les uns l'attribuent à la peau de bœuf dont sont faites les outres contenant le moût fermenté, affirmant que la boisson n'est aucunement fétide quand elle fermente dans des vases en terre (*tinajas*); les autres, au contraire, soutiennent que la mauvaise odeur résulte de la fermentation, et qu'elle provient surtout de la grande quantité de matière azotée contenue dans le moût. Il était à désirer que l'on pût se procurer de la séve ou du sirop d'agave pour constater si, dans une fermentation normale, le pulque posséderait encore cette odeur repoussante d'une viande très-faisandée ou de vieux fromage. Grâce à la complaisance de M. Dreyer, pharmacien-major aux hôpitaux militaires du Mexique, j'ai pu examiner le suc de l'agave et le soumettre à la fermentation. Le suc avait été récolté le 22 février

sur une variété de maguey à feuilles lancéolées (*manso fino*), qui donne un des meilleurs pulques connus. L'envoi fait par M. Dreyer comprenait :

1° Du suc porté à la température de l'ébullition (93 degrés) et mis immédiatement en bouteilles.

2° Environ 1 kilogramme de sirop résultant de l'évaporation de 10 kilogrammes du même suc.

Ces deux produits sont arrivés en Europe dans un parfait état de conservation.

Le suc était, à l'état naturel, à peu près incolore, opalin. L'opalescence n'a pas disparu par un long repos; le liquide sucré est resté laiteux; au fond des bouteilles, il y avait un dépôt blanc, léger, consistant en une matière organique très-azotée, probablement de l'albumine coagulée pendant l'ébullition.

Le sirop, représentant environ dix fois son poids de suc normal, était jaune clair, de la consistance du miel, d'une saveur sucrée fort agréable; de nombreux cristaux de sucre étaient rassemblés au fond du vase.

Le suc d'agave conservé avait une densité de 1046 à la température de 15°,2. L'analyse a indiqué :

	Dans 1 litre.	Dans 1000 parties.
	gr	
Glucose (lévulose)	27,68	26,45
Sucre	64,55	61,71
Acide malique??	3,70	3,53
Gomme mucilage	5,70	5,45
Albumine	10,60	10,13
Ammoniaque toute formée	0,06	0,06
Substances minérales : potasse, chaux, acide phosphorique, magnésie, silice	6,50	6,21
Matières sèches	118,79	113,54
Eau (par différence)	927,21	886,46
	1046,00	1000,00

Par une dessiccation à l'étuve chauffée à 110 degrés, on a eu : matières sèches, 118gr,8.

Ce n'est pas le suc en nature que l'on a fait fermenter, c'est le suc amené à l'état sirupeux; mais comme, en prenant la quantité jugée nécessaire pour l'opération, on a laissé dans le flacon des cristaux de sucre, le sirop employé ne possédait pas exactement la constitution du suc normal : le rapport entre la proportion du glucose et celle du sucre cristallisable ne devait pas être le même.

Le 7 juillet, on a ajouté à	110cc	de sirop d'agave provenant du suc réduit au dixième
....	992	d'eau;
	1102	
on a prélevé pour les essais....	80	du liquide sucré;
	1022	
on y a délayé................	65	de levûre de bière bien lavée.
Le volume mis à fermenter était	1087	

La fermentation, faite en vase clos, a eu lieu assez lentement; elle n'a paru terminée que le 15 juillet : les bulles de gaz ne se dégageaient plus qu'à de rares intervalles.

Le liquide fermenté possédait l'apparence du petit-lait, même après avoir été filtré.

Son odeur était légèrement vineuse.

Le pulque qui avait fermenté dans ces circonstances n'avait pas la fétidité d'un pulque envoyé du Mexique en 1865.

Une lie assez épaisse était rassemblée au fond du vase, et plus tard on a constaté que le suc d'agave qu'on laissait séjourner sur cette lie acquérait une odeur fort désagréable, rappelant celle du pulque *fuerte* de l'Anahuac. Cette odeur serait donc causée par la putréfaction de ce ferment, car, d'après les renseignements qui nous sont parvenus, le pulque *dulce*, qui est consommé bien avant que la fermen-

tation soit achevée, n'est pas nauséabond comme le pulque *fait*, celui qui est resté en contact avec le ferment, avec la lie, après la destruction complète du glucose.

On a retiré du suc d'agave ayant fermenté sous l'influence de la levûre de bière :

Liquide opalescent..........	1000 centimètres cubes.	
Liquide troublé par le ferment.	78	»
	1078	»
Avant la fermentation, on avait.	1087	»
Diminution de volume......	9	»

Constitution du suc d'agave. — Dosé : dans 1 litre, avant l'addition de la levûre de bière :

Glucose................	30,94 gr	30,94 gr
Sucre..................	34,02 = glucose	35,81
Glucose total.............		76,75
Acide exprimé en (SO^3, HO).	0,35	
Ammoniaque..	0,05	

Après la fermentation, dosé dans 1 litre :

Glucose..................	traces
Alcool....................	35,37
Acide exprimé en (SO^3, HO)...	1,66
Ammoniaque...............	0,038

Résumé.

	Volumes.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3, HO.	Ammoniaque.
Avant fermentation.	1087 cc	78,44 gr (1)	»	0,36 gr	0,06 gr
Après fermentation.	1078	0,00	38,10 gr	1,79	0,04
	−9	−78,44	+38,10	+1,43	−0,02

(1) Le glucose, l'acide, l'ammoniaque, se rapportent aux 1022 centimètres cubes du suc auxquels on avait ajouté 65 grammes de levûre de bière.

Le glucose disparu aurait dû former théoriquement $40^{gr},1$ d'alcool; on en a obtenu $38^{gr},1$, les 95 centièmes. La différence est assez faible et causée très-probablement par la levûre de bière, qui a pu introduire un peu d'alcool et même un peu d'acide. Cette expérience prouve que le suc d'agave mis à fermenter avec une levûre fraîche, inaltérée, donne un pulque dont l'odeur n'est nullement repoussante; d'où il est peut-être permis de conclure que le pulque préparé au Mexique doit l'odeur qui le caractérise à ce que la fermentation de l'agave *miel* est provoquée et entretenue par un ferment liquide et nauséabond, une sorte de levain que l'on se procure en laissant aigrir et putréfier du suc d'agave.

Cidre. — Dans trois expériences faites en 1864 et en 1865, on a vu l'acidité du jus de pommes diminuer pendant la fermentation, contrairement à ce que l'on avait constaté dans les fermentations des cerises et du raisin. En représentant par 100 l'acidité initiale du moût, on a trouvé 92,91 et 84 pour l'acidité du cidre. On a jugé qu'il convenait de contrôler ces résultats.

Le 17 septembre 1866, on a pris à la gouttière du pressoir du jus provenant de plusieurs variétés de pommes. Le moût était d'un jaune pâle, à peine troublé, sucré, peu acide au goût. Sa densité était 1050; on en a mis 10 litres dans un ballon muni d'un tube abducteur, se rendant dans une cuve à mercure.

Le dégagement gazeux, d'abord assez soutenu, s'est bientôt modéré.

Le 22 octobre, le liquide était limpide, presque incolore; au fond du ballon il y avait un dépôt de lie peu abondant. Le cidre a été décanté, et l'on a remarqué qu'au contact de l'air il a pris une teinte jaune, assez foncée, comme, au reste, cela arrive fréquemment.

Le volume du cidre, y compris celui de la lie que l'on a

recueillie à part, a été de $9^{lit},968$, sa densité 1006,0, à la température de $13^{\circ},9$.

Constitution du suc de pommes. — Avant la fermentation, dosé dans 1 litre :

	gr	gr
Glucose....................	82,46	82,46
Sucre (matière interversible)...	23,50 = glucose.	24,74
Glucose total................		107,20
Acide exprimé en (SO^3, HO)....	4,95	

Après la fermentation, dosé dans 1 litre de cidre :

	gr	gr
Glucose....................	6,46	6,46
Sucre? (matière interversible)..	2,43 = glucose.	2,62
Glucose total..............		9,08
Alcool......................	44,98	
Acide exprimé en (SO^3, HO)....	2,53	

Pendant la fermentation, une partie du sucre aurait été détruite, et dans le cidre on a retrouvé $2^{gr},43$ par litre, mais rien ne prouve que ce soit réellement du sucre qui, ayant résisté au ferment, ait été interverti par l'acide.

Résumé.

	Volumes.	Poids.	Glucose.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3, HO.
	lit	gr	gr	gr	gr
Avant fermentation. .	10,000	10500,0	1072,00	»	49,50
Après fermentation. .	9,968	10027,8	90,51	448,56	25,22
Différence.......	— 0,032	— 472,2	— 981,49	+ 448,56	— 24,28

Le glucose manquant aurait dû donner, d'après la théorie, $501^{gr},64$ d'alcool; on en a obtenu $448^{gr},56$, les 89 centièmes. L'acide carbonique formé devait s'élever à 480 grammes; la perte de poids constatée, attribuable au dégagement de ce gaz, a été 472 grammes : la différence

est faible si l'on considère que le cidre a dû retenir de l'acide carbonique en dissolution.

Dans cette expérience, faite à l'abri de l'air, l'acidité a diminué de moitié pendant la fermentation ; aussi le liquide fermenté était-il *plat* au goût. On remarque d'ailleurs que les cidres qui se colorent fortement au contact de l'air, qui se *tuent*, sont très-peu acides, et l'on sait que l'on peut remédier à cet accident, qui déprécie le produit, en faisant intervenir de l'acide tartrique. C'est ce qui arrive quand on fait séjourner le cidre sur les marcs de vin ; il ne se colore plus à l'air et en même temps sa conservation est plus assurée. Cette disparition constante d'acide pendant la fermentation tend à faire présumer la présence d'un glucose à réaction acide dans le suc de pommes.

Cerises fermentées. — Dans les expériences faites l'année dernière, on a constaté dans le produit de la fermentation des cerises de très-notables proportions d'une matière sucrée, résistant à l'action du ferment et qui cependant réduisait la liqueur de Fehling, et de plus on reconnut que les liquides fermentés contenant cette matière sucrée ne fermentaient pas sous l'influence de la levûre de bière. La conclusion à laquelle on s'arrêta fut que cette matière sucrée, rencontrée dans les cerises fermentées, n'était pas fermentescible, ou bien qu'elle était simplement de la lévulose, dont la résistance à l'action du ferment dépendait de circonstances que l'on n'avait pu saisir (1).

Cette année, je me suis borné à vérifier les faits observés en 1865, en dosant le principe sucré réducteur de la liqueur de Fehling, dans des cerises dont la fermentation était achevée, puisque le brûleur allait les faire passer par l'alambic.

Dans du vin de cerises, puisé au milieu des pulpes dans

(1) *Voir* les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers.*

divers tonneaux, on a trouvé, par litre :

	Glucose.
I........	42 grammes.
II........	39 »
III.......	46 »

Le vin de cerises renfermait donc de 4 à 5 pour 100 de glucose réducteur. Les sucs fermentés des autres fruits n'en contiennent pas une proportion aussi forte. Ainsi, en groupant les résultats consignés dans ce travail, on voit que dans 100 parties de suc on a trouvé glucose ayant échappé à la fermentation :

Vin (1864)..........	0,4
Cidre...............	0,8
Cidre...............	0,4
Vin (1865)..........	0,8
Mirabelles..........	1,2
Mirabelles (1866).....	1,9
Zwetschen...........	0,7
Zwetschen...........	0,6
Suc d'agave.........	0,0
Cidre...............	0,6

En moyenne moins d'un centième. En excluant les mirabelles, les sucs fermentés ne contenaient pas au delà de 4 à 8 millièmes de glucose réducteur. J'ai remarqué dans les premières expériences que le glucose persistant du vin de cerises n'avait pas fermenté après une addition de levûre : c'est ce que j'ai encore constaté cette année.

I. On a introduit dans un flacon tubulé 500 centimètres cubes d'eau, tenant en dissolution 19gr,91 de sucre candi sec, puis 20 centimètres cubes de levûre de bière.

Quelques heures après, la fermentation s'est manifestée, le dégagement de gaz a continué jusqu'au lendemain. Deux jours après on a filtré pour avoir le ferment. Dans le li-

quide, le réactif cuivrique n'a pas indiqué la moindre trace de glucose, le sucre avait été transformé en totalité; ce résultat montrait l'efficacité de la levûre de bière employée.

II. A 500 centimètres cubes de vin de cerises prêt à être distillé, renfermant par litre 40 grammes de sucre réducteur, on a ajouté 20 centimètres cubes de levûre de bière. Il n'y a pas eu le moindre indice de fermentation; en cinq jours il ne s'est pas dégagé une bulle de gaz, et l'on a retrouvé dans le liquide, à 1 gramme près, le sucre réducteur.

Dans la suite de ce travail, je chercherai à isoler le sucre réducteur non fermentescible renfermé dans le vin de cerises, afin de reconnaître s'il diffère réellement de la lévulose.

ACTIONS DÉCOMPOSANTES D'UNE HAUTE TEMPÉRATURE SUR QUELQUES SULFATES.

Dans l'analyse de certains engrais, tels que le guano, les coprolithes, etc., on est assez fréquemment conduit à doser la chaux à l'état de sulfate, en appliquant un procédé imaginé par Berzélius pour séparer cette terre de ses combinaisons avec l'acide phosphorique. Le sulfate calcaire lavé avec de l'eau mêlée à de l'alcool est séché, puis calciné.

J'ai cru remarquer que ce procédé ne donnait plus aujourd'hui des résultats aussi certains que ceux que l'on en obtenait autrefois, à une époque ou le chauffage par le gaz n'était pas introduit dans mon laboratoire, et, à plusieurs reprises, j'ai eu l'occasion de constater que le poids du sulfate de chaux ne devenait fixe qu'autant que l'on modérait la durée et l'intensité de la calcination. C'est ainsi que je fus amené à soupçonner que les sulfates alcalino-terreux ne résistaient pas à la chaleur rouge, comme on l'admet généralement. J'ai trouvé, en effet, que le sulfate de chaux est décomposé à une température n'excédant peut-être pas de beaucoup celle à laquelle le carbonate de chaux abandonne l'acide carbonique, et que, par l'action du feu, l'acide sulfurique est expulsé du sulfate de magnésie, du sulfate de plomb, du sulfate de strontiane et du sulfate de baryte. Cette expulsion exige une température bien supérieure à celle reconnue nécessaire pour dissocier l'acide

sulfurique libre en oxygène et en acide sulfureux; c'est là une conséquence de l'affinité respective des diverses bases pour l'acide, et la chaleur plus ou moins forte qu'il faut produire pour opérer la décomposition d'un sulfate donne en quelque sorte la mesure de cette affinité. Ainsi l'on doit avoir recours à une température bien plus intense pour décomposer les sulfates de strontiane et de baryte que pour décomposer les sulfates de chaux, de magnésie et de plomb.

Dans mes expériences je me suis servi de deux foyers :

1° Un bec à gaz de Bunsen alimenté d'air par un soufflet; c'est une soufflerie d'émailleur servant à travailler le verre, et donnant un feu suffisant pour attaquer les silicates par le carbonate de chaux, afin de les analyser suivant l'ingénieuse méthode de M. Henri Sainte-Claire Deville.

2° L'appareil de M. Schlœsing, l'un des instruments les plus précieux que la chimie docimastique ait acquis dans ces dernières années, et à l'aide duquel on obtient aisément la température de la fusion du fer.

Les sulfates étaient placés dans de petits creusets en platine fermés tantôt par un couvercle simplement juxtaposé, tantôt par un couvercle à rebord assurant une fermeture plus parfaite. J'indique ces détails parce qu'il m'a semblé évident que la décomposition de certains sulfates, comme la volatilisation des sulfates alcalins, était accélérée par l'accès et le renouvellement de l'air, conformément aux observations de Gay-Lussac sur l'influence d'un courant de gaz dans la transformation du calcaire en chaux vive, observations qui sont devenues le point de départ d'expériences d'un haut intérêt exécutées récemment par M. Debray.

Sulfate de chaux. — On a employé du sulfate lamellaire d'une grande pureté.

Sa composition correspondait à la formule

$$CaO, SO^3 + 2HO :$$

CaO	32,56
SO^3	46,51
HO	20,93
	100,00

I. $0^{gr},500$, chauffés pendant vingt minutes au chalumeau à gaz ont laissé pour résidu :

	gr
Chaux	0,163
On aurait dû obtenir	0,1628

Le sulfate a d'abord fondu.

Par l'addition d'un peu d'eau, la chaux s'est échauffée ; on a dissous l'hydrate dans l'acide chlorhydrique ; la dissolution n'a pas été troublée par le chlorure de baryum.

II. 2 grammes de sulfate contenant théoriquement : chaux $0^{gr},6512$, ont été chauffés à l'appareil de Schlœsing.

	gr
Après dix minutes de feu, le résidu a pesé	0,700
Après dix autres minutes	0,652

C'était de la chaux pure ; elle s'est hydratée avec dégagement de chaleur. La dissolution dans l'acide chlorhydrique ne renfermait pas d'acide sulfurique.

Sulfate de magnésie. — Gay-Lussac a remarqué que lorsque l'on calcine le sulfate de magnésie au rouge cerise, il y en a toujours une petite quantité de décomposée, donnant naissance à des flocons de magnésie qu'on aperçoit dans la dissolution du sulfate après la calcination (1).

Il y avait là un indice de la décomposition du sulfate de magnésie par la chaleur, et il est clair que la quantité de

(1) Gay-Lussac, *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XIII, p. 310.

base mise en liberté devait dépendre de la durée de la calcination et de la température à laquelle elle avait lieu; cependant Gay-Lussac a considéré cette quantité comme une constante dont il s'est servi pour corriger les résultats de ses analyses.

Le sulfate de magnésie, privé d'eau, est formé de :

MgO...........................	33,33
SO^3............................	66,67

I. On a chauffé au chalumeau à gaz . .	0gr,500 de ce sulfate.
On a obtenu pour résidu........	0,167
Le nombre théorique étant.......	0,1667

La magnésie adhérait fortement aux parois du creuset; le couvercle en était garni, ce qui fait présumer que la chaleur ayant été appliquée trop brusquement, de la magnésie avait pu être entraînée par le dégagement des gaz provenant de la décomposition de l'acide sulfurique.

La dissolution de cette magnésie dans l'acide chlorhydrique ne renfermait pas d'acide sulfurique.

II. 0gr,304 de sulfate ont été chauffés au chalumeau à gaz, dans un creuset ouvert.

Le sulfate a fondu, s'est tuméfié, par suite du dégagement de gaz, puis la matière s'est concrétée.

Après un quart d'heure de chaleur blanche le résidu a pesé	0gr,101
Le nombre théorique étant....................	0,1013

La magnésie ne renfermait pas de sulfate.

III. On a chauffé à l'appareil Schlœsing, dans un creuset couvert, 1gr,971 de sulfate.

Après huit minutes de feu, le résidu a pesé.......	0gr,654
Le nombre théorique étant.................	0,6569

La magnésie était frittée; elle s'est hydratée très-lentement.

L'acide chlorhydrique étendu l'a dissoute; la dissolution ne contenait pas d'acide sulfurique. Cette indifférence de la magnésie pour l'eau et pour l'acide chlorhydrique provenait sans doute de la haute température qu'elle avait supportée. Cette température avait dépassé celle de la fusion du fer, car une des branches du support en platine sur lequel reposait le creuset éprouva un commencement de fusion.

Sulfate de strontiane.

Base....................................	56,43
Acide....................................	43,57

C'était un échantillon de célestine d'une remarquable pureté.

I. $0^{gr},400$ de sulfate renfermant $0^{gr},2257$ de strontiane ont été chauffés pendant dix minutes à l'appareil de Schlœsing.

	gr
Le résidu pesa....................................	0,247
Après avoir continué le feu pendant vingt minutes.	0,226

C'était la quantité théorique, mais on reconnut bientôt que cette exactitude était due à un hasard.

	gr
On remit le creuset au feu pendant dix minutes; le résidu pesa alors..........................	0,219
Chauffé encore pendant dix minutes, il pesa......	0,216

En une demi-heure le poids de $0^{gr},226$ avait perdu $0^{gr},01$. Cette perte provenait de la disparition d'une partie de la strontiane; le résidu était verdâtre, fritté; après s'être échauffé fortement par l'humectation, il s'est dissous entièrement dans l'acide chlorhydrique, la dissolution ne contenait pas d'acide sulfurique.

II. $0^{gr},421$ de sulfate ont été chauffés pendant dix minutes.

	gr
Le résidu pesa..............................	0,403
Après une seconde chauffe de quinze minutes.....	0,220

quantité inférieure de près de $0^{gr},02$ à la quantité théorique $0^{gr},2376$ qu'auraient dû laisser les $0^{gr},421$ de sulfate. La strontiane avait un aspect cristallin d'un blanc légèrement verdâtre. Le platine du creuset était légèrement attaqué, la dissolution chlorhydrique présentait une teinte jaune indiquant la présence de ce métal; elle ne renfermait pas d'acide sulfurique, la décomposition du sulfate avait été complète, et la perte constatée ne pouvait être attribuée qu'à la volatilisation de la strontiane. On fit une expérience dont le résultat confirma cette supposition.

III. On calcina dans un creuset de platine du nitrate de strontiane pour obtenir une certaine quantité de base.

	gr	Perte. gr
La strontiane pesait............	0,350	
Chauffée pendant quinze minutes..	0,340	0,010
Après quinze minutes de chauffe..	0,338	0,002
Après quinze minutes de chauffe..	0,325	0,013
Après quinze minutes de chauffe..	0,318	0,007
Après quinze minutes...........	0,300	0,018
Après quinze minutes...........	0,294	0,006
		0,056

En une heure et demie, il y avait eu $0^{gr},056$ de strontiane éliminée. J'ajouterai qu'en rendant momentanément la flamme réductrice comme on peut le faire avec l'appareil Schlœsing, cette flamme se colorait en pourpre.

Ainsi, à la température de la fusion du fer, le sulfate de strontiane est décomposé, les éléments de l'acide sulfurique sont dissociés, et si l'on n'obtient pas de cette décomposition toute la base correspondante au sulfate, c'est que

l'élimination de l'acide s'accomplit à une température trop rapprochée de celle à laquelle la strontiane se volatilise, soit parce qu'elle est volatile de sa nature, soit parce qu'elle est réduite à l'état métallique par les gaz combustibles du foyer pénétrant le platine du creuset.

Sulfate de baryte.

Base	65,665
Acide	34,335

On a employé indistinctement du sulfate artificiel et du sulfate naturel.

On chauffa pendant une demi-heure, au chalumeau à gaz, $0^{gr},500$ de sulfate; le résidu pesa $0^{gr},483$. Si la totalité de l'acide eût été éliminée, on aurait trouvé dans le creuset $0^{gr},3283$ de base. La décomposition n'avait donc été que partielle. L'eau mise sur le résidu devint alcaline, et l'acide chlorhydrique dissolvit de la baryte.

II. On soumit alors le sulfate au feu de l'appareil Schlœsing :

$0^{gr},193$ de sulfate artificiel devant renfermer.	$0^{gr},1267$ de baryte.
Après vingt-sept minutes de chauffe, le résidu pesa	0,1130
Il aurait dû peser	0,1267

La baryte rassemblée au fond du creuset avait été fondue, elle présentait un aspect cristallin, et comme il s'en trouvait $0^{gr},014$ de moins que le calcul en indiquait, on présuma que la perte provenait de ce que de la baryte avait disparu. Pour s'en convaincre, on remit le creuset au feu, que l'on maintint pendant un quart d'heure. Le résidu pesa alors $0^{gr},070$; il avait diminué de $0^{gr},043$. On apercevait sur la surface interne du creuset des points d'un aspect métallique d'une couleur rosacée, peut-être un alliage de baryum, et des petits groupes de cristaux de

baryte. La baryte restante s'est dissoute entièrement dans l'acide chlorhydrique étendu. La dissolution, colorée en jaune, contenait du platine, le creuset ayant été assez profondément attaqué pour être mis hors de service.

III. Sulfate............	$0^{gr},300$	renfermant baryte. $0^{gr},1970$
Après quinze minutes de feu résidu.....	$0,248$	
Chauffé encore pendant dix minutes..	$0,141$	

La baryte était fondue, cristalline, verdâtre ; on en a obtenu $0^{gr},056$ de moins que n'en contenaient les $0^{gr},300$ de sulfate.

La décomposition du sel avait été entière, la baryte s'est dissoute dans l'acide chlorhydrique sans laisser de résidu.

IV. $0^{gr},237$ de sulfate renfermant $0^{gr},1556$ de base ont été exposés au feu dans un creuset ouvert.

Après une chauffe de vingt minutes, le résidu a pesé	$0^{gr},175$
Après une nouvelle chauffe de quinze minutes.....	$0,002$

Le creuset était vide, ses parois très-superficiellement attaquées.

V. Dans une autre expérience, on a chauffé au feu Schlœsing, dans un creuset portant un couvercle superposé, $0^{gr},252$ de sulfate renfermant $0^{gr},1655$ de base.

Après une chauffe de dix minutes, le résidu a pesé.	$0^{gr},215$
Après une nouvelle chauffe de vingt minutes......	$0,006$

Les $0^{gr},006$ étaient de la baryte sans trace de sulfate.

Ainsi, il est hors de doute qu'à la température de la fusion du fer, le sulfate de baryte perd la totalité de son acide, et, comme il arrive pour le sulfate de strontiane, si la décomposition ne fournit pas une quantité de base cor-

respondante au sulfate, cela tient à ce qu'une partie de cette base est éliminée parce qu'elle est volatile, ou bien parce qu'elle est réduite à l'état métallique par des gaz combustibles du foyer traversant le platine du creuset, comme le pense M. Henri Sainte-Claire Deville. Je me borne, quant à présent, à constater le fait de la disparition de la baryte.

Sulfate de plomb.

Base	73,6
Acide	26,4

Ce sel avait été préparé en précipitant l'acétate de plomb par le sulfate d'ammoniaque. Le sulfate de plomb, desséché, avait été chauffé au rouge sombre. Chauffé au chalumeau à gaz, à la chaleur blanche, dans un creuset ouvert :

Sulfate	0,310 gr, contenant oxyde.	0,2282 gr
Après dix minutes de feu, résidu	0,253	
Après dix minutes	0,234	
Après dix minutes	0,225	

Le sulfate est entré en fusion en émettant de légères vapeurs. Bientôt il s'est manifesté une ébullition indiquant la dissociation de l'acide. Par le refroidissement, l'oxyde s'est solidifié en une petite masse arrondie, incolore et cristalline. Le platine du creuset n'a pas été attaqué.

Le sulfate de plomb est donc décomposable à une température bien inférieure à celle de la fusion du fer.

Berthier avait reconnu que le sulfate de plomb est converti en oxyde pur lorsqu'on le chauffe au blanc après l'avoir mélangé avec une proportion de charbon capable de transformer l'acide sulfurique qu'il contient en acide sulfureux. On vient de voir que l'intervention du charbon

n'est pas indispensable, puisque la chaleur seule suffit pour opérer cette conversion (1).

Sulfates alcalins. — Le sulfate de soude, le sulfate de potasse, exposés à la chaleur blanche, commencent à se volatiliser; à la température de la fusion du fer, ils entrent en ébullition, et la volatilisation s'accomplit rapidement sans qu'on puisse constater d'une manière certaine la dissociation de l'acide sulfurique.

Je me limiterai ici à rapporter quelques-unes des expériences assez nombreuses que j'ai faites sur la volatilisation des sulfates alcalins.

Sulfate de soude. — Du sulfate anhydre a été chauffé pendant quinze minutes dans un creuset de platine ayant un couvercle superposé :

	gr
I. Sulfate	0,724
Après quinze minutes de feu Schlœsing	0,207
Perte	0,517

Les $0^{gr},207$ de sulfate résidu avaient une réaction nettement alcaline.

Sulfate de potasse.

	gr
I. Sulfate	0,348
Après vingt minutes de feu Schlœsing	0,113
Perte	0,235

---

(1) *Sulfate de thallium.* — Ce sulfate m'avait été donné par M. le commandant Caron. On a chauffé, au chalumeau à gaz, dans un creuset de platine ouvert :

Sulfate .... $0^{gr},321$

Après vingt minutes de chauffe, la totalité du sel était volatilisée.

Dans une autre expérience on a constaté, au moyen d'une lame de platine maintenue au-dessus du creuset dans lequel on chauffait à la chaleur blanche $0^{gr},657$ du sel, que la vapeur condensée était du sulfate de thallium.

Le sulfate résidu avait une réaction alcaline.

II. Sulfate..	$0^{gr},841$
Après dix minutes de chauffe..............	0,382
Perte....................	0,459

Le résidu avait une réaction alcaline.

Par la méthode volumétrique on a trouvé, dans les $0^{gr},382$ de sulfate résidu, $0^{gr},0025$ de potasse libre correspondant à $0^{gr},0046$ de sulfate dont l'acide aurait été décomposé.

III. Sulfate..............................	$0^{gr},488$
Après trente minutes de feu en creuset ouvert.	0,000

Le creuset était vide et parfaitement net; il avait perdu $0^{gr},001$.

IV. Sulfate..............................	$0^{gr},739$
En creuset ouvert, en trente-cinq minutes...	0,000

Le creuset de platine avait perdu $0^{gr},0015$ (1).

V. Le sulfate a été chauffé en creuset ouvert, au chalumeau à gaz, à la température à laquelle on attaque les silicates.

Sulfate....................................	$0^{gr},582$
Après cinq minutes de chauffe.............	0,538

On plaça au-dessus du creuset une lame épaisse et concave de platine pour condenser la vapeur. Cette lame se couvrit d'un très-léger enduit blanc que l'on dissolvit dans quelques gouttes d'eau. La dissolution ne possédait pas de réaction alcaline; le chlorure de baryum la troubla. C'était bien du sulfate de potasse.

(1) Dans les expériences où le creuset n'ayant pas été attaqué, on a pu vérifier son poids après l'opération, on a toujours constaté une perte de 1 à 2 milligrammes, attribuable à la volatilisation du platine, volatilisation qui a été mise hors de doute par M. Henri Sainte-Claire Deville.

Les $0^{gr},538$ de sulfate restés dans le creuset n'ont pas manifesté de réaction alcaline. Ainsi, à la température du chalumeau à gaz, il n'y avait pas eu dissociation d'acide sulfurique, comme cela a lieu au feu Schlœsing, mais simplement volatilisation de sulfate.

Il ressort de ces expériences que les sulfates de chaux, de magnésie, de plomb sont décomposables à la chaleur blanche, et que, par conséquent, dans les recherches analytiques, leur calcination doit être effectuée à une température peu élevée; et quoique les éléments de l'acide des sulfates de strontiane et de baryte ne se dissocient rapidement qu'à la température de la fusion du fer, il faut user de la même précaution quand on les calcine, car il paraît certain que la décomposition de ces sulfates commence déjà à se manifester à un degré de chaleur inférieur à ce point de fusion. Quant à la volatilisation des sulfates alcalins, elle doit être prise en sérieuse considération lorsqu'il s'agit de doser les substances salines dans les végétaux, parce qu'il est à craindre qu'en opérant les incinérations à une température très-élevée, on n'éprouve une perte notable de sels alcalins, particulièrement des sels de potasse, qui paraissent être plus volatils que les sels à base de soude.

DE LA

VÉGÉTATION DANS L'OBSCURITÉ.

Lorsqu'une graine est placée dans de la terre humide, le premier symptôme de la vie végétale, la germination, ne tarde pas à se manifester; la radicule, d'où partiront plus tard les racines, apparaît d'abord, puis, à l'autre extrémité de la tigelle, la gemmule s'allonge, se tuméfie, et ses lobes, en se développant, laissent apercevoir les feuilles à l'état rudimentaire; si, en s'aidant de l'analyse, on suit le germe durant cette évolution, on constate qu'il transforme l'oxygène de l'air en acide carbonique en perdant du carbone.

Bientôt la tige grandit et porte des feuilles épanouies. Dès lors l'appareil aérien est constitué pour exercer une fonction diamétralement opposée à celle que remplit l'appareil radiculaire. En effet, les feuilles, quand elles sont éclairées par le soleil, loin de céder, prennent du carbone à l'atmosphère en décomposant l'acide carbonique. Aussi, pendant la première période de la végétation, la plante, encore à l'état embryonnaire, diminue constamment de poids, parce qu'une partie de son carbone est brûlé par l'oxygène de l'air : c'est une véritable combustion. Dans la seconde période, à partir de l'apparition des feuilles, la plante augmente de poids, parce qu'elle s'assimile du carbone qu'elle emprunte à l'acide carbonique de l'atmosphère : c'est le contraire d'une combustion, la révivifica-

tion d'un corps brûlé. Mais cette assimilation n'a lieu que sous l'action de la lumière. Dans l'obscurité, les feuilles perdent du carbone, comme en perdent en toutes circonstances l'embryon végétal et les racines.

Une plante, pendant toute la durée de son existence, est donc réellement soumise à deux forces antagonistes tendant, l'une à lui soustraire, l'autre à lui fournir de la matière, et, selon que l'une de ces forces dominera l'autre, le poids de la plante diminuera ou augmentera.

L'indice de la supériorité de la force assimilatrice est, de la part du végétal, une émission d'oxygène, quoiqu'il n'y ait pas seulement du carbone assimilé. L'indice de la supériorité de la force éliminatrice est une émission d'acide carbonique, bien qu'il n'y ait pas uniquement du carbone éliminé. Suivant le rapport existant entre les deux forces que je viens de mentionner, rapport évidemment déterminé par l'intensité de la lumière et de la température, une plante produira de l'oxygène ou de l'acide carbonique en proportions fort variables, ou bien n'émettra ni l'un ni l'autre de ces gaz. C'est ainsi qu'il peut arriver que l'organisme d'un végétal placé dans un lieu faiblement éclairé reste en quelque sorte stationnaire pendant des mois entiers, comme j'ai eu l'occasion de l'observer.

Dans une obscurité absolue, il est presque inutile de le faire remarquer, la force éliminatrice persiste seule. On doit dès lors se demander ce qui adviendrait si on laissait développer l'embryon d'une semence à l'abri de la lumière. Dans une telle condition les feuilles ne fonctionneraient jamais comme appareil réducteur, et la plante née dans une semblable situation devrait incessamment émettre de l'acide carbonique, tant que les matières contenues dans la graine fourniraient du carbone, ce qui revient à dire que la durée de l'existence du végétal privé de lumière dépendrait du poids de ces matières; c'est ce que l'expérience établit nettement.

I. Dix pois pesant, supposés secs, 2gr,237, ont été mis à germer, dans la chambre obscure, le 5 mars. Les plants ont eu un accroissement rapide; ils étaient grêles, d'un jaune pâle; ils ont fléchi lorsqu'ils eurent atteint une hauteur de 15 centimètres, mais ils ont continué à croître en rampant sur une planche. Le 1er juillet, on mit fin à l'expérience, parce que l'un des plants commençait à se flétrir, ses racines étaient couvertes de quelques moisissures. Les tiges avaient 1 mètre de longueur. La végétation avait duré cinquante-six jours.

Résumé (1).

	Poids total.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Matières minérales.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Pois	2,237	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
Plants	1,076	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Différences	1,161	0,567	0,072	0,500	0,022 (2)	0,000

Les principes disparus pendant la végétation à l'obscurité s'élèvent à 51,9 pour 100. La perte est représentée assez exactement par du carbone, de l'eau et de l'ammoniaque (3).

II. Quarante-six graines de froment pesant, supposées sèches, 1gr,665, ont été mises à germer dans la chambre obscure le 5 mai. Le 25 juin au soir, les tiges et les feuilles, d'un blanc jaunâtre, avaient 2 à 3 décimètres de long.

(1) Les graines et les plants desséchés à 110 degrés.

(2) Cette perte en azote, qui ne s'est plus reproduite dans les autres expériences, est due probablement à l'altération de l'un des plants.

(3) L'analyse a donné pour 100 de matières desséchées à 110 degrés :

	Graine.	Plante.
Carbone	46,5	44,0
Hydrogène	6,1	6,0
Azote	4,2	6,7
Oxygène	40,1	36,9
Cendres	3,1	6,4
	100,0	100,0

RÉSUMÉ (1).

	Poids total.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Matières minérales.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graines..........	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
Plants............	0,712	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Différences...	0,953	0,465	0,052	0,436	0,000	0,000

100 de graine ont perdu 57.

La perte est représentée par du carbone et de l'eau.

III. Une graine de maïs géant pesant, supposée sèche, $0^{gr},5292$, a été placée dans la chambre obscure le 2 juin. Le 22, le plant, d'un jaune très-pâle, avait une longueur de 20 centimètres.

Humide, il a pesé $2^{gr},26$; séché à 110 degrés, $0^{gr},290$.

RÉSUMÉ (2).

	Poids total.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Matières minérales
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graine...........	0,5292	0,2355	0,0337	0,2422	0,0086	0,0096
Plant............	0,2900	0,1448	0,0195	0,1070	0,0087	0,0100
Différences...	0,2392	0,0907	0,0142	0,1350	0,0001	0,0004

---

(1) Composition des matières desséchées à 110 degrés :

	Graines.	Plants venus à l'obscurité.
Carbone...............	45,5	41,1
Hydrogène...........	5,7	6,0
Azote.................	3,4	8,0
Oxygène	43,1	39,5
Cendres...............	2,3	5,4
	100,0	1,000

(2) Deux graines de maïs, pesant $0^{gr},885$ ont donné :

	gr		gr
Acide carbonique......	1,2670	= C	0,3455
Eau..................	0,5530		
Eau hygrométrique....	0,1083		
Eau de la combustion..	0,4447	= H	0,0494
Cendres trouvées dans la nacelle de platine........................			0,0140

100 de graine ont perdu 45. La perte est à peu près exprimée par du carbone et de l'eau. Il faudrait $0^{gr},0167$ d'hydrogène au lieu de $0^{gr},0142$. Du reste, on en trouvera plusieurs cas dans ces recherches; l'hydrogène et l'oxy-

---

	gr
Deux graines pesant	0,907
Après dessiccation à 110 degrés	0,796
Eau	0,111
Eau pour 100	12,24

	gr
Deux graines pesant	0,985
Eau hygrométrique	0,1206
Graines sèches	0,8644 ont donné,

par la chaux sodée, $0^{gr},01375$ d'azote.

Dans 100 parties de maïs :

	A l'état normal.	Desséché à 110 degrés.
Carbone	39,04	44,48
Hydrogène	6,94	6,36
Azote	1,40	1,60
Oxygène	51,04	45,75
Cendres	1,58	1,81
	100,00	100,00

Le 2 juin, on avait déposé, séparément, dans la chambre noire, trois graines de maïs au milieu de fragments de pierre ponce, calcinée, lavée et imbibée d'eau pure.

			Humide.	Séché à 100 deg.
			gr	gr
Graine	I	pesant $0^{gr},560$ a donné, le 22, un plant qui a pesé	2,88	0,310
—	II	— 0,603 (supposée sèche, $0^{gr},5292$)	2,26	0,290
—	III	— 0,557 — — —	3,36	»

Dans le plan I on a dosé : azote, $0^{gr},0093$; pour 100 de matière sèche, azote, 3,00.

Dans le plan II, pesant sec $0^{gr},29$, on a trouvé par la combustion :

	gr
Carbone	0,1448
Hydrogène	0,0195
Oxygène	0,1070
Azote (déduit du dosage du plan I)	0,0087
Substances minérales (trouvées dans la nacelle de platine	0,0100
	0,2900

gène ne sont plus éliminés dans un rapport aussi simple pendant le développement à l'obscurité de plantes provenant de graines riches en matières grasses ou en huiles volatiles.

IV. *Végétation des haricots.* — Les semences employées contenaient :

	A l'état normal.	Supposées sèches.
	gr	gr
Carbone (1)	37,90	43,94
Hydrogène	5,25	6,08
Azote (4)	3,83	4,45
Oxygène	35,05	40,63
Cendres (3)	4,23	4,90
Eau (2)	13,74	»
	100,00	100,00

---

(1) Une graine pesant 1gr,0285 a donné :

	gr	gr
Acide carbonique	1,4295 = C.	0,3898
Eau	0,6275	

		gr	
(2)	Une graine pesant	1,0285	
	Après dessiccation à 110 degrés.	0,8872	
	Eau	0,1413	0,1413
	Eau provenant de la combustion		0,4862 = H 0,0540

(3) Cendres trouvées dans la nacelle de platine après la combustion de la graine pesant 1gr,0285 = 0gr,0435.

(4) Dosage de l'azote par la chaux sodée :

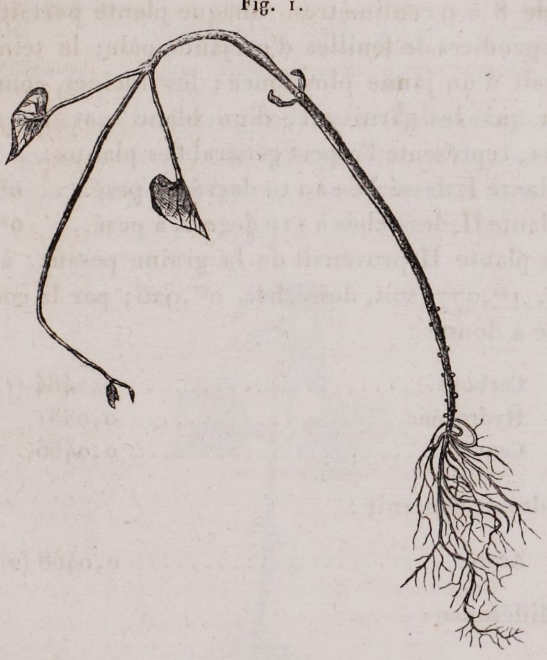
	gr
Une graine pesant	1,0900
Eau de constitution	0,1500
Matière sèche	0,9400

Acide sulfurique équivalent à azote, 0gr,04375.

		Azote.
		gr
Titre de l'acide : avant	34,5	
— après	1,5	
Différence	33,0 =	0,0418
Dans 100 de graines à l'état normal		3,830
Dans 100 de graines séchées à 110 degrés		4,450

Le 26 juin 1859, deux haricots ont été plantés séparément dans des fragments de pierre ponce lavée, calcinée

Fig. 1.



Réduction au quart.

et humectée avec de l'eau pure. Ils étaient dans une chambre obscure dont l'un des murs est exposé au midi. J'indique cette circonstance, parce qu'elle a contribué à maintenir l'intérieur de la pièce à une température peu différente de celle du dehors. Le thermomètre a indiqué de 25 à 30 degrés.

Une des graines, I, pesait $1^{gr},088$.

L'autre graine, II, pesait $1^{gr},077$.

Le 3 juillet, les cotylédons étaient ouverts.

Le 22 juillet, on a arrêté la végétation, parce que l'un des plants commençait à se faner à l'extrémité supérieure.

La longueur des tiges était de 44 centimètres; le diamètre, 5 millimètres à la base; les cotylédons, ridés, non colorés. Les racines avaient beaucoup de chevelu d'une longueur de 8 à 9 centimètres. Chaque plante portait quelques appendices de feuilles d'un jaune pâle; la teinte des tiges était d'un jaune plus foncé; les racines, comme le chevelu qui les garnissait, d'un blanc mat. La *fig.* 1, page 251, représente l'aspect général des plantes.

La plante I, desséchée à 110 degrés, a pesé... $0^{gr},537$.

La plante II, desséchée à 110 degrés, a pesé... $0^{gr},566$.

Cette plante II provenait de la graine pesant, à l'état normal, $1^{gr},077$, soit, desséchée, $0^{gr},926$; par la combustion elle a donné :

Carbone	0,2484 gr (1)
Hydrogène	0,0331
Cendres	0,0456

Elle devait contenir :

Azote	0,0408 (2)

Par différence :

Oxygène	0,1981
	0,5660

(1)

Matière	0,566 gr
Acide carbonique	0,911 = C. 0,2484 gr
Eau	0,298 = H. 0,0331

Cendres restées dans la nacelle de platine, $0^{gr},0456$.

(2) Dosage de l'azote par la chaux sodée.

Plante I pesant sèche, $0^{gr},537$.

Acide sulfurique équivalent à azote, $0^{gr},04375$.

Titre de l'acide : avant	34,6 cc		
— après	4,2	Azote.	Pour 100
Différence	30,4	= 0,03844 gr	7,2

Résumé.

	Poids total.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Matières minérales.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graine supposée sèche..........	0,926	0,4069	0,0563	0,3762	0,0413	0,0456
Plante venue à l'obscurité.........	0,566	0,2484	0,0331	0,1981	0,0408	0,0456
Différences ...	0,360	0,1585	0,0232	0,1781	0,0005	0,0000

Les matières éliminées pendant la végétation dans l'obscurité sont représentées par du carbone et de l'eau. On a retrouvé dans la plante l'azote que renfermait la semence.

Fig. 2.



Réduction au quart.

Il était intéressant de faire croître simultanément deux plantes, l'une dans l'obscurité, l'autre à la lumière, afin d'apprécier, dans le premier cas, la déperdition, dans le second cas, l'assimilation des mêmes principes élémentaires.

V. Le 26 juin, en même temps que l'on plaçait deux graines dans la chambre obscure, on plantait en plein air, dans de la pierre ponce purifiée et humectée, une autre

graine de même origine pesant $1^{gr},072$; $0^{gr},922$, en la supposant séchée à 110 degrés.

Le 3 juillet, les cotylédons étaient sortis du sol. Le 22, la plante, haute de 22 centimètres, portait huit feuilles d'un beau vert (*fig.* 2, page 253) ; séchée à 110 degrés, elle a pesé $1^{gr},293$, renfermant :

	gr
Carbone	0,5990 (1)
Hydrogène	0,0760
Oxygène	0,5321
Azote	0,0404
Substances minérales	0,0455
	1,2930

(1) Obtenu par la combustion à l'aide de l'oxyde de cuivre :

	gr		gr
Acide carbonique	2,196	= Carbone	0,5990
Eau	0,692	= Hydrogène	0,0760

L'azote a été dosé dans une plante venue, dans les mêmes conditions, d'une graine pesant $1^{gr},080$ à l'état normal. Cette plante pesait, sèche, $1^{gr},290$.

Cette plante était formée de :

	gr
Racines	0,440
Tiges et feuilles	0,700
Cotylédons	0,150
	1,290

Par la chaux sodée on a dosé :

	gr		gr	
Dans racines, tiges et feuilles.	1,140	Azote.	0,0352	$0^{gr},0373$
— cotylédons	0,15	Azote.	0,0021	

Le petit pot à fleur et la ponce pesaient secs $142^{gr},9$.

On a dosé, dans le tiers, $47^{gr},3$; azote, $0^{gr},00103$; pour la totalité, azote, $0^{gr},0071$.

Ou, pour la totalité de l'azote :

	gr
Dans les plants	0,0373
Dans le sol	0,0031
	0,0404

On voit combien les cotylédons, qui constituent la presque totalité de la graine avaient perdu d'azote, azote qui était d'ailleurs réparti dans l'ensemble du végétal.

Résumé.

	Poids total.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Matières minérales.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graines.........	0,922	0,4051	0,0560	0,3746	0,0410	0,0454
Plants..........	1,293	0,5990	0,0760	0,5321	0,0404	0,0454 (1)
Différences..	0,371	0,1939	0,0200	0,1575	0,0006	0,0000

Le résultat de cette expérience sur le développement d'une même plante, opéré simultanément à la lumière et dans l'obscurité, peut être présenté ainsi :

	Vingt-cinq jours de végétation,		
	à la lumière.		à l'obscurité.
	gr		gr
Poids de la graine.......	0,922		0,926
Poids de la plante sèche...	1,293		0,566
Matière organique acquise.	0,371 ;	perdue..	0,360
Carbone acquis..........	0,1939;	perdu..	0,1585
Hydrogène acquis........	0,0200;	» ..	0,0232
Oxygène acquis.........	0,1575;	» ..	0,1781

Ainsi, sous les seules influences de l'air et de l'humidité, dans un sol privé d'engrais, pendant la végétation à la lumière, il y a eu assimilation de carbone en même temps que fixation d'hydrogène et d'oxygène dans le rapport voulu pour constituer l'eau.

A l'obscurité, dans des conditions de température peu différentes et sous les mêmes influences, il y a eu élimination de carbone, élimination d'hydrogène et d'oxygène à très-peu près dans les proportions pour former de l'eau.

En se développant à l'abri de la lumière, une plante emprunte tous les principes de son organisme à la graine d'où elle sort; l'atmosphère n'intervient que comme milieu comburant.

---

(1) Les cendres n'ont pas été déterminées ; l'on a calculé leur poids d'après celui de la graine.

Les semences ont toutes une constitution analogue; généralement elles renferment de l'amidon, de la dextrine, des matières protéiques, des corps gras, de la cellulose, des substances minérales.

Pendant la germination, l'amidon est modifié en dextrine et en glucose. Ces deux derniers principes devaient donc se trouver, et ont été trouvés, en effet, dans les plantes venues à l'obscurité; plusieurs fois j'ai cru rencontrer du *sucre* associé au glucose. Ces principes immédiats ne sont pas, il s'en faut, les seuls qui existent, soit dans les graines, soit dans les plantes examinées, mais ce sont ceux dont il m'a été possible de déterminer les proportions avec une suffisante exactitude.

Les matières grasses ont été extraites par l'éther.

L'amidon, après transformation par l'action de l'acide sulfurique dilué, a été dosé à l'état de glucose. La saccharification complète est une opération délicate : pour ne pas laisser d'incertitude sur les résultats, j'ai dû transformer en glucose un poids connu d'amidon sec. Tout d'abord il s'est présenté une difficulté, celle de se procurer de l'amidon pur. L'amidon, considéré comme d'une grande pureté, a constamment donné, au minimum, deux millièmes d'azote quand on l'a traité par la chaux sodée; or ces deux millièmes d'azote représentent près d'un centième d'albumine. En tenant compte de la matière azotée et des faibles quantités de substances minérales mises en évidence par l'incinération, j'ai constaté qu'en saccharifiant $0^{gr},9093$ d'amidon séché à une température longtemps continuée de 110 degrés, je n'opérais réellement que sur $0^{gr},9020$ de matière, et encore est-il vraisemblable que cette matière n'était pas exempte de traces de cellulose. J'ai dû tenir compte de ces circonstances dans la fixation du titre de la liqueur de Felhing, destinée à doser l'amidon après sa transformation.

Le glucose et ce que j'ai considéré comme du sucre ont été dosés par la même liqueur cupropotassique en faisant

intervenir l'inversion. Les résultats n'ont été acceptés qu'autant que la réduction avait lieu avec une grande netteté. Je dois dire, à cette occasion, que dans plusieurs circonstances le dosage des matières sucrées par le réactif cupropotassique a été impossible.

La *cellulose*, quand elle est faiblement agrégée, est facilement modifiable par l'acide que l'on emploie pour la séparer de l'amidon; par cela même on est exposé à la doser trop bas et à doser trop haut l'amidon.

Lorsqu'il s'agissait d'obtenir la cellulose, voici comment on procédait. On faisait bouillir la matière dans de l'eau contenant 2 centièmes d'acide chlorhydrique fumant, jusqu'à ce que le liquide ne fût plus coloré en bleu par l'iode. On enlevait le liquide acide, auquel on réunissait les eaux de lavage. On ajoutait alors de l'acide sulfurique monohydraté dans le rapport de 2 volumes et demi pour 100 volumes, lorsque l'on devait saccharifier l'amidon.

La cellulose lavée et séchée était traitée par l'éther pour enlever les substances grasses. La cellulose impure ainsi obtenue n'est pas exempte d'azote, indice de la présence des matières protéiques, que l'eau acidulée n'enlève point en totalité; celle provenant des tiges, des racines, des feuilles coupées en minces fragments, conserve le volume, la forme du tissu végétal; à l'étuve elle subit un retrait considérable; ses fibres, quand elles sont sèches, n'ont plus aucune ténacité.

Cette cellulose brute était mise en digestion dans le réactif ammoniacocuprique de Schweitzer; elle y laissait toujours un résidu insoluble plus ou moins abondant. La partie dissoute dans le réactif en était précipitée par l'addition de l'acide acétique. On lavait d'abord avec de l'eau ammoniacale, puis avec de l'eau pure. La cellulose ainsi préparée paraissait incolore tant qu'elle était humide, mais elle prenait en séchant une teinte légèrement verdâtre. On la pesait après l'avoir desséchée à 110 degrés.

J'ai constaté que la différence de poids entre la cellulose

brute et la cellulose retirée du réactif de Schweitzer est toujours assez forte. En voici un exemple :

De la cellulose brute provenant de tiges et de racines d'un plant de maïs, mis dans le réactif cuivrique, pesait....................	gr 1,718
La partie dissoute précipitée par l'acide acétique a pesé........................	1,316
Différence..................	0,402

Bien qu'il fût naturel que la cellulose brute contînt autre chose que de la cellulose, en présence de cette différence il était prudent de rechercher si réellement l'on retirait du réactif toute la cellulose pure qu'on y avait dissoute.

Des fibres d'un vieux linge de lin, bien lavées et desséchées, ont été mises dans la liqueur de Schweitzer ; elles n'ont pas tardé à disparaître. Une fois la dissolution achevée, on a précipité par l'acide acétique :

Fibres dissoutes............	gr 0,651
Cellulose retirée............	0,654

La cellulose précipitée, bien lavée, était blanche, avec la consistance de l'empois. Desséchée, elle a pris une teinte légèrement brunâtre, un aspect corné.

On voit que l'on a retrouvé, à très-peu près, ce que l'on avait dissout, et que par conséquent ce que le réactif cuivrique ne prend pas, ou ce que l'acide acétique n'en précipite plus, n'est pas de la cellulose. Néanmoins, dans mes analyses, j'ai toujours pris le poids de la cellulose brute, celle obtenue par l'action de l'acide faible, pour le comparer à celui de la cellulose pure.

La *dextrine* étant isomère avec la cellulose, et n'existant d'ailleurs qu'en fort minimes quantités dans les matières que j'avais à examiner, il n'y avait aucun inconvénient à la confondre avec l'amidon ; je n'en ai donc pas fait une recherche spéciale.

L'*albumine*, la *caséine* ont été déduites de la propor-

tion d'azote, ainsi que je l'ai fait pour la première fois en 1836 (1).

La détermination de l'azote est bien autrement rapide et précise que celle des matières protéiques en nature, exigeant de longues manipulations pour obtenir des produits dont la pureté est très-contestable.

I. *Végétation du maïs dans l'obscurité. Examen comparatif de la composition des graines et des plantes.* — Le 5 juillet 1860, on a planté dans un sol de pierre ponce humecté avec de l'eau pure vingt-deux graines de maïs géant, pesant $9^{gr},838$; sec, $8^{gr},636$. Les plantes se sont développées dans la chambre obscure jusqu'au 25 juillet; chaque plant portait trois feuilles d'un jaune pâle (*fig.* 3); les

Fig. 3.



Réduction au quart.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXIII, p. 225.

plus grandes avaient 30 centimètres, les plus courtes 8 centimètres de longueur; les tiges 8 à 10 centimètres, avec un diamètre de 3 à 4 millimètres. Les racines, d'un blanc mat, étaient contournées, très-déliées; quelques-unes des fibrilles mesuraient 28 centimètres. L'épisperme des graines n'avait pas changé d'aspect.

Les vingt-deux plants humides ont pesé........		73,26 gr
Desséchés à 110 degrés, feuilles et tiges.	2,272	4,529
Les racines.....................	2,257	
Eau...............................		68,731

Dans 100 de graines du maïs géant l'analyse a indiqué :

	A l'état normal.
Amidon et dextrine.......	64,90
Albumine.............	8,94
Huile............... ...	4,70
Cellulose............ ...	5,25
Substances minérales......	1,58
Matières indéterminées.....	4,00
Eau......	12,24
	101,61

Un gain de $1\frac{1}{2}$ pour 100 n'a rien de surprenant dans une analyse aussi compliquée.

En attribuant l'excès 1,6 aux matières indéterminées, on a pour la composition de la graine du maïs géant :

	A l'état normal.	Desséché à 110 degrés.
Amidon et dextrine.....	64,90	73,95
Albumine (1)..........	8,94	10,19
Huile................	4,70	5,36
Cellulose...............	5,25	5,98
Substances minérales.. .	1,58	1,80
Matières indéterminées..	2,39	2,72
Eau..................	12,24	0,00
	100,00	100,00

(1) 0gr,985 de maïs ont donné, azote : 0gr,0142.

Résumé.

	Poids total.	Amidon et dextrine.	Glucose et sucre (1).	Huile.	Cellulose.	Matières azotées.	Matières minérales.	Substances indéterminées.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graines.	8,636	6,386	»	0,463	0,516	0,880	0,156	0,235
Plantes..	4,529	0,777	0,953	0,150	1,316	0,880	0,156	0,297
Différ.	— 4,107	— 5,609	+ 0,953	— 0,313	+ 0,800	0,000	0,000	+ 0,062

II. Une autre expérience, faite en prenant une seule graine de maïs, a donné pour résultat, après que la plante eut végété pendant un mois dans la chambre obscure.

	Poids total.	Amidon et dextrine.	Glucose.	Huile.	Cellulose.	Matières azotées.	Matières minérales.	Substances indéterminées.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Graine..	0,489	0,362	»	0,026	0,029	0,050	0,009	0,013
Plante...	0,300	»	0,129	0,005	0,090	0,050	0,009	0,017
Différ.	— 0,189	— 0,362	+ 0,129	— 0,021	+ 0,061	0,000	0,000	+ 0,004

L'amidon avait disparu; du moins on n'en a retrouvé que des traces dans la plante.

Le glucose, les substances dont on n'a pas déterminé la nature, ne représentent pas, pondéralement, l'amidon et l'huile disparus. En définitive, il y a eu perte de matière, et cela est très-naturel, puisque, pendant la germination et la végétation dans l'obscurité, il y a élimination constante de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Il y a ceci de remarquable, un développement de cellulose dans la plante venue en l'absence de la lumière. Ce développement, on l'a constaté dans plusieurs observations. Il est donc vraisemblable qu'une partie de l'amidon est transformée, organisée en cellulose. Je ferai d'ailleurs remarquer que dans ces expériences, la cellulose a été extraite de la graine et de la plante par les mêmes moyens, en faisant usage des mêmes réactifs, et qu'en la dosant, soit à l'état brut, soit après l'avoir précipitée de la liqueur ammoniacocuivrique où

(1) Le sucre étant exprimé en glucose. Par sucre, il faut entendre une matière ne réduisant la liqueur de Felhing qu'après l'interversion.

l'avait dissoute, on en a toujours trouvé dans le végétal plus qu'il n'en préexistait dans la semence.

La plante venue à l'obscurité pèse notablement moins que la graine. Il est cependant inadmissible qu'un végétal, en s'organisant, en prenant un accroissement considérable, perde de la matière. Le fait est néanmoins révélé par la balance; pour l'expliquer, il suffit de considérer que l'on a comparé le poids de la plante au poids brut de la semence au lieu de le comparer à celui de l'embryon.

Dans certaines graines, le germe est tellement petit, qu'il serait difficile d'en apprécier le poids, mais il suffit de suivre son évolution pour s'assurer qu'il assimile réellement de la matière. La tigelle d'un pois, ayant à l'origine quelques millimètres, produit une tige d'un mètre de longueur; les organes foliacés rudimentaires, repliés dans les lobes de la gemmule du maïs, donnent des feuilles de 8 à 12 centimètres; de la radicule à peine visible du haricot sortent de nombreuses racines, dont les fibres chevelues prennent fréquemment 15 centimètres d'extension. L'organisme ainsi constitué est incolore, parce qu'il a été formé dans l'obscurité; toutefois son tissu cellulaire est solide, résistant, imprégné de liquide tant que l'aliment qu'il puise dans la graine ne lui manque pas : c'est que la semence est ainsi constituée qu'elle porte en soi la nourriture de l'embryon résidant dans le périsperme, ou dans le cotylédon, fonctionnant comme le périsperme, et formés l'un et l'autre d'amidon se changeant en matière sucrée, d'albumine, de matières grasses. C'est à peu près ainsi qu'est composé l'œuf, et dans la même prévision, celle de pourvoir à l'alimentation d'un germe. Cette ressemblance de constitution n'avait pas échappé aux anciens physiologistes; Gœrtner le premier, je crois, l'a signalée formellement en nommant *albumen*, dans la graine, ce que l'on appelle aujourd'hui le périsperme, l'endosperme, l'assimilant ainsi dans sa pensée à l'albumine de l'œuf des oiseaux. Les progrès de la science

ont corroboré cet aperçu ; il suffit, pour s'en convaincre, de comparer la composition de l'œuf à celle de la graine.

OEuf.	Graine.
Albumine.	Albumine.
Matières grasses.	Matières grasses.
Sucre de lait, glucose (?).	Amidon, dextrine pouvant donner du glucose.
Soufre, phosphore, entrant dans des composés organiques.	Soufre, phosphore, entrant dans des composés organiques.
Phosphate de chaux.	Phosphate de chaux.
Eau en forte proportion : 65 à 90 pour 100.	Eau en faible proportion : 12 à 20 pour 100.
	Cellulose.

Dans l'œuf, on n'a pas trouvé de cellulose, peut-être est-ce parce qu'on ne l'a point cherchée.

L'analogie entre l'œuf et la graine se soutient dans l'évolution du germe. Le poids de l'œuf diminue pendant l'incubation, comme diminue le poids de la graine durant la germination, et, dans les deux cas, il y a production d'acide carbonique. Les deux phénomènes exigent pour commencer une certaine température, mais il n'en est pas moins vrai qu'une graine, en germant, dégage de la chaleur, et je suis très-disposé à croire, d'après ce que je connais des bancs d'œufs de tortues déposés dans le sable, sur les plages des grands fleuves de l'Amérique, qu'il y a aussi dégagement de chaleur pendant l'incubation des œufs de reptiles. Toute combustion de carbone détermine nécessairement une élévation de température. Une fois dégagé de la graine, l'embryon se développe dans la chambre obscure, comme il se développerait dans les conditions normales ; il y a cependant cette différence essentielle que la plante continue sans interruption à former de l'acide carbonique en brûlant du carbone. Tout organisme végétal subit cette combustion, les feuilles comme les racines, mais elle n'est manifeste

qu'autant qu'elle n'est pas dissimulée par les feuilles fonctionnant à la lumière comme appareils réducteurs. Une plante née et continuant à vivre dans l'obscurité se comporte donc, à beaucoup d'égards, comme certains animaux d'un ordre inférieur, tels que les zoophytes, ne possédant aucun organe spécial pour l'exercice de la respiration (1). La combustion a lieu dans le tissu cellulaire par l'intermédiaire de l'eau, en produisant un faible dégagement de chaleur. Cette plante subsiste tant qu'elle a du sucre, de l'albumine, de la graisse, des phosphates à consommer, et, lorsque par l'épuisement de ces matériaux contenus, élaborés dans le périsperme ou dans les cotylédons, l'aliment devient insuffisant, elle languit et meurt d'inanition.

Dans la *Statistique des êtres organisés*, publiée en 1841, par M. Dumas et moi, nous avons dit « qu'à certaines » époques, dans certains organes, la plante se fait animal; » qu'elle devient, comme l'animal, appareil de combus- » tion; qu'elle brûle du carbone et de l'hydrogène; qu'elle » produit de la chaleur; que le sucre, ou l'amidon converti » en sucre, sont les matières premières au moyen desquelles » se développe cette chaleur (2). »

Les expériences dont j'entretiens en ce moment l'Académie complètent cet énoncé, en montrant qu'à l'obscurité une plante développée, ayant tige, feuilles, racines, se comporte réellement comme un animal pendant toute la durée de son existence; elles indiquent, d'une manière précise, l'origine, la nature, la quantité des aliments dont cette plante se nourrit. Elles combleront d'ailleurs une lacune regrettable, qui pourrait nuire à l'identité que je cherche à établir.

L'animal de l'organisation la plus simple n'émet pas seulement, en respirant, de la chaleur, de l'eau, de l'acide

---

(1) Milne Edwards, *Leçons de Physiologie*, t. II, p. 2.
(2) Dumas et Boussingault, *Statistique des êtres organisés*. Paris, 1841.

carbonique; une partie de l'albumine qu'il consomme est modifiée par la combustion respiratoire en un composé azoté cristallin, l'urée, que l'on rencontre dans les excrétions; dans la combustion respiratoire d'une plante vivant à l'obscurité, une semblable modification de l'albumine ne pouvait être aussi manifeste, par la raison que les végétaux sont dépourvus d'organes excréteurs; mais, dans les sucs remplissant les cellules, on trouve un principe immédiat cristallin, l'asparagine, qui est un amide comme l'urée, se transformant aussi facilement en aspartate d'ammoniaque que l'urée se transforme en carbonate d'ammoniaque.

Une graine qui germe, un végétal vivant, dans un lieu obscur, élaborent de l'asparagine. Une plante produit le même principe, même à la lumière, dans les premières phases de la vie, tant que domine la force éliminatrice, tant qu'elle laisse brûler plus de carbone qu'elle ne révivifie d'acide carbonique. D'ailleurs, dans le jeune âge, cette plante possède plus de racines placées à l'obscurité que de feuilles exposées à la lumière. Aussitôt que, par l'abondance des feuilles, la force réductrice vient à dominer la force éliminatrice, lorsque, par exemple, la plante est sur le point de fleurir, on ne rencontre plus d'asparagine, si ce n'est dans des racines très-développées. Dans une plante venue à l'obscurité, l'asparagine s'y accumule, parce qu'elle n'est pas modifiée, par l'action de la lumière (1), on la trouve dans les feuilles, dans les tiges et dans les racines; c'est du moins ce que j'ai reconnu pour le maïs, le haricot, le pois, le trèfle (2).

L'asparagine est bien certainement formée pendant la combustion cellulaire que l'on peut appeler, sans trop d'exagération, une combustion respiratoire. D'abord les graines des plantes qui en fournissent n'en renferment pas

(1) Dans la suite de ce travail, je rapporterai les expériences que j'ai faites sur l'absorption de l'asparagine par les plantes exposées au soleil.

(2) Dans les germes de la pomme de terre, la solanine paraît remplacer l'asparagine.

la moindre trace, et il est facile de prouver que le végétal n'en puise pas les éléments dans des substances azotées autres que celles qui entrent dans la constitution de la semence.

Le 5 juillet, on a mis dans de la pierre ponce lavée et calcinée, pour éliminer toutes matières organiques, 246 graines de haricot pesant 201 grammes. On a placé dans la chambre obscure ; on a humecté avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque. Le 25 juillet, on a retiré des plants 5gr,40 d'asparagine cristallisée.

Je terminerai ces rapprochements en rappelant que la matière dont est formée la cellule des plantes n'appartient pas exclusivement au règne végétal. L'enveloppe des tuniciers placés aux derniers échelons de l'organisation animale présente, d'après MM. Lœwig et Kœltiker, tous les caractères et la composition de la cellulose.

ÉTUDE

SUR

LES FONCTIONS DES FEUILLES.

Le carbone de l'organisme végétal dérive du gaz acide carbonique; du moins je ne connais pas une expérience de quelque valeur, ou un fait agricole suffisamment contrôlé, qui permette de lui assigner une autre origine. Cependant la question que je vais agiter d'abord est celle de savoir si le gaz acide carbonique pur est réductible, décomposable par les feuilles exposées à la lumière.

Dans les conditions normales, l'air atmosphérique ne contient pas au delà de 4 à 5 dix-millièmes d'acide carbonique, tandis que l'atmosphère confinée dans la terre en renferme quelques centièmes. Il s'ensuit que le gaz acide carbonique en contact, soit avec les feuilles, soit avec les racines, est toujours mêlé à une proportion considérable d'oxygène; les expériences de Théodore de Saussure tendent d'ailleurs à faire croire que le concours de ce dernier gaz est nécessaire pour que les végétaux décomposent l'acide carbonique. Ce savant observateur a reconnu que de jeunes plantes prospérant dans de l'air atmosphérique, où il entre $\frac{1}{8}$ et mieux encore $\frac{1}{12}$ d'acide carbonique, meurent quand elles sont placées dans une atmosphère uniquement formée de ce gaz.

Ainsi, des recherches de Saussure il résulterait que les

feuilles ne fonctionnent plus à la lumière dans l'acide carbonique pur; que la décomposition de ce gaz par les parties vertes des végétaux n'a lieu qu'en présence de l'oxygène, et que le mélange gazeux le plus favorable à la décomposition est celui qui consiste en 8 de gaz acide et 92 d'air atmosphérique. Les résultats énoncés par Saussure me semblent apporter plutôt une présomption qu'une preuve de l'inertie du gaz acide carbonique pur dans son contact avec les organes folaciés. En effet, l'expérience a porté sur une plante entière, par conséquent sur des racines consommant et sur des feuilles produisant de l'oxygène; or, si l'on admet pour un instant que les feuilles ont fonctionné normalement, il a pu arriver que l'oxygène qu'elles ont émis ne compensait pas l'absorption exercée par les racines, de sorte que le phénomène de la décomposition opérée par les feuilles a pu passer inaperçu; l'insuffisance de l'oxygène dans l'atmosphère confinée suffirait alors pour expliquer pourquoi la plante est morte peu de temps après avoir séjourné à la lumière dans le gaz acide carbonique pur.

Cette supposition est d'ailleurs assez peu fondée, je m'empresse de le reconnaître, mais elle justifie, ce me semble, la nécessité qu'il y a, dans l'étude des relations des végétaux avec l'atmosphère, de scinder les observations, en recherchant séparément comment se comportent les feuilles, comment se comportent les racines; en un mot, elle rappelle qu'il ne convient pas d'observer à la fois, dans un même milieu gazeux, des fonctions indépendantes et en quelque sorte antagonistes; sauf, plus tard, bien entendu, à étendre cette étude à la plante prise dans son ensemble. C'est le programme que je me suis tracé.

Pour décider si réellement les parties vertes ne décomposaient pas l'acide carbonique sans le concours de l'oxygène, je plaçai au soleil une feuille dans du gaz acide car-

bonique pur, et, dans la prévision d'une décomposition, on instituait une autre expérience comme terme de comparaison, consistant à mettre une feuille semblable à la première dans un mélange d'acide carbonique et d'air atmosphérique. La durée de l'exposition au soleil était la même de part et d'autre; par conséquent, chaque feuille était soumise à la même intensité de lumière et de chaleur. Voici les résultats :

EXPÉRIENCE DU 11 JUILLET 1864.

I. *Feuille de laurier-cerise dans le gaz acide carbonique.* — On a introduit dans du gaz acide carbonique pur une feuille pesant $2^{gr},08$, ayant une surface de 67 centimètres carrés sur un côté du limbe, soit 134 centimètres carrés pour la superficie totale. L'appareil a été exposé au soleil pendant quatre heures, de $9^h\ 15^m$ du matin à $1^h\ 15^m$ de l'après-midi.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition	83,1 (1)	83,1	0,0	0,0
Après l'exposition	84,0 (2)	77,9 (3)	5,9	0,2
Différences	+0,9	−5,2	+5,9	+0,2 (4)

(1) Acide carbonique introduit, $97^{cc},1$; température, $14^o,18$; baromètre, $738^{mm},5$.

		mm
Colonne de mercure :	haut	168,9
	bas	209,2
Colonne déprimante		40,3
Baromètre		738,5
		698,2
Correction pour température		1,58
		696,62
Tension		12,06
Pression		684,56

Gaz à 0° et pression : $0^m,76 = 83^{cc},1$.

Voir les Notes (2), (3) et (4) page 270.

En quatre heures, la feuille aurait décomposé $4^{cc},2$ de gaz acide carbonique; d'après sa superficie, ce serait $0^{cc},008$ par heure et par centimètre carré.

II. *Feuille de laurier-cerise placée dans un mélange d'air et d'acide carbonique.* — Comme terme de comparaison, on avait exposé en même temps au soleil, dans une atmosphère formée d'air et de gaz acide carbonique, pendant quatre heures, une feuille de laurier-cerise dont la superficie était de 124 centimètres carrés.

Le mélange renfermait :

	cc
Gaz acide carbonique..........	26,1 (5)
Air atmosphérique............	61,4

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition ..	87,5	26,1	12,9	48,5
Après l'exposition..	89,5 (6)	4,9	35,8	48,8
Différences....	+2,0	−21,2	+22,9	+0,3

Le volume de l'oxygène développé sous l'influence de la lumière excède de près de 2 centimètres cubes le volume de l'acide carbonique disparu. Cela provient probablement

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(2) Après l'exposition........	97,9	14,9	688,25	84,0
(3) Après l'absorption par le phosphore...........	94,0	16,6	670,0	78,1

(4) Les 94 centimètres cubes de gaz mis en contact avec la potasse ont laissé un résidu de $0^{cc},2$, que l'on a considéré comme de l'azote. Ce volume est à déduire du volume de l'azote : $78^{cc},1$.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(5) Gaz acide carbonique...	36,1	14,2	579,0	26,1
Air atmosphérique + CO^2	101,2	16,2	697,75	87,5
(6) Après l'exposition......	102,0	14,9	703,1	89,5
Après l'absorption par le phosphore............	68,65	16,6	631,1	53,7 Az + CO^2
Après l'absorption par la potasse..............	62,3	16,8	632,0	48,8 Az

de ce que l'accroissement de volume constaté après l'exposition au soleil est dû à une émission de gaz acide carbonique condensé dans la feuille; si l'on en tient compte, il y a presque égalité entre le volume de l'acide carbonique disparu et le volume de l'oxygène apparu.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	89,5	28,1	12,9	48,8
Après l'exposition..	89,5	4,9	35,8	48,8
Différences....	0,0	−23,2	+22,9	0,0

En quatre heures, la feuille de laurier-cerise a décomposé 23^{cc},2 de gaz acide carbonique; c'est, d'après sa surface, 0^{cc},047 par centimètre carré et par heure, près de six fois autant qu'en a décomposé, dans le même espace de temps, un centimètre carré de la feuille fonctionnant dans le gaz acide carbonique pur.

Expérience du 14 juillet 1864.

I. *Feuilles de laurier-rose placées dans le gaz acide carbonique.* — Deux feuilles semblables ont été mises à 9 heures du matin dans du gaz acide carbonique, et exposées au soleil jusqu'à 1 heure de l'après-midi.

Le limbe de chaque feuille avait 22^{cc},5; la superficie des deux feuilles présentait par conséquent une surface de 90 centimètres carrés.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	86,1 (7)	86,1	0,0	0,0
Après l'exposition..	86,9	82,4	4,5	0,5
Différences....	+0,8	−3,7	+4,5	+0,5

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(7) Gaz acide carbonique...	101,5	18,2	687,58	86,1
Après l'exposition......	102,06	18,4	690,64	86,9
Après absorption par le phosphore..........	99,0	19,2	677,0	82,4
Après absorpt. par KaO.	0,6	19,6	721,1	0,5

D'après le faible volume d'azote mesuré, on peut supposer que les feuilles avaient ajouté à l'atmosphère dans laquelle elles étaient confinées $0^{cc},3$ de gaz acide carbonique, ce qui porterait à 4 centimètres cubes le volume du gaz qui aurait disparu.

En quatre heures d'exposition au soleil, les deux feuilles n'avaient décomposé que 4 centimètres cubes de gaz acide carbonique : $0^{cc},010$ par centimètre carré de feuille dans une heure.

II. *Feuilles de laurier-rose dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Deux feuilles semblables aux feuilles qui avaient fonctionné dans le gaz acide carbonique pur, ayant le même poids, $3^{gr},45$, et la même surface, 90 centimètres carrés, ont été exposées au soleil de 9 heures à 1 heure dans un mélange gazeux formé de :

Acide carbonique...........	$31^{cc},85$ (8)
Air atmosphérique...........	54,65

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	86,5	31,9 (9)	11,5	43,2
Après l'exposition..	87,1	12,3	31,4	43,4
Différences....	+0,6	−19,6	+19,9	+0,2

Il y a égalité entre l'acide carbonique disparu et l'oxygène apparu.

En quatre heures, les deux feuilles ont décomposé $19^{cc},6$ de gaz acide : $0^{cc},055$ par centimètre carré dans une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(8) Gaz acide carbonique....	41,0	18,2	586,85	31,85
Air + CO^2.............	100,9	17,6	693,6	86,5
(9) Après exposition........	101,55	18,4	695,5	87,1
Après absorption par le phosphore............	71,57	19,2	632,85	55,7
Après absorpt. par Ka O.	56,8	19,55	625,06	43,4 = Azote

C'est cinq fois autant qu'il y en avait eu de décomposé dans le gaz acide carbonique pur. Toutefois, il est vraisemblable que, dans l'air mélangé à l'acide carbonique, le volume d'acide décomposé eût été plus fort si chacune des deux feuilles eût fonctionné dans un appareil distinct. En voici la raison : Dans une seule cloche, il est difficile que l'une des feuilles ne projette pas d'ombre sur l'autre. La surface exposée n'est donc pas éclairée partout avec la même intensité. Il y a plus : la lumière qu'une feuille transmet à l'autre n'est pas seulement affaiblie, elle est verte tirant sur le bleu, comme c'est le cas pour la lumière transmise par une feuille de laurier-cerise. Or, d'après M. Drapper, cette lumière ne posséderait pas la propriété de décomposer le gaz acide carbonique en contact avec les plantes. Ayant placé dans un spectre solaire, tenu immobile par un héliostat et dispersé par un prisme de cristal, des tubes contenant des feuilles plongées dans un milieu renfermant de l'acide carbonique, il obtint sur la décomposition de ce gaz, par les divers rayons, les résultats exprimés dans ce tableau [10] :

	Volume de gaz décomposé.	
	Expérience I.	Expérience II.
Rouge intense	0,33	0,00
Rouge et orange	20,00	24,75
Jaune et vert	36,00	43,75
Vert et bleu	0,10	4,10
Bleu	0,00	1,00
Indigo-violet	0,00	0,00

On voit que les rayons qui déterminent la décomposition de l'acide carbonique ont dans le spectre la même place que l'orange et le jaune. Le rouge intense, le bleu, l'indigo et le violet n'exerceraient aucune action percep-

[10] DRAPPER, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XI, p. 217.

tible sur ce gaz. C'est dans le jaune, suivant M. Drapper, qu'aurait lieu le maximum de décomposition de l'acide carbonique, et elle se manifesterait plus énergiquement au moyen des rayons dont l'indice de réfraction correspond à cette teinte. La preuve du peu d'action que le vert doit avoir sur cette décomposition serait dans ce fait, que le bleu et le vert ne produisent aucun effet.

Expérience du 18 juillet 1864.

I. *Rameau de pinsapo dans le gaz acide carbonique pur.* — L'extrémité d'une branche pesant 5 grammes, et à laquelle adhéraient 4 grammes d'aiguilles, ainsi qu'on s'en est assuré après l'observation, est restée au soleil, dans l'acide l'acide carbonique, depuis 9 heures jusqu'à 4 heures :

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	58,8 (1)	58,8	0,0	0,0
Après l'exposition..	58,3	45,8	12,5	0,0
Différences ...	−0,5	−13,0	+12,5	0,0

D'après des mesures prises sur des aiguilles du pin, on aurait 204 centimètres carrés pour la surface des 4 grammes d'aiguilles du pinsapo.

On trouve, avec cette donnée, $0^{cc},009$ pour l'acide carbonique décomposé par centimètre carré dans une heure.

II. *Rameau de pinsapo dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Un rameau pesant 5 grammes

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(1) Acide carbonique.......	75,0	20,0	639,2	58,8
Après l'exposition......	74,1	18,5	637,6	58,3
Après absorpt. par KaO.	18,6	18,9	545,8	12,5

Le pyrogallate a absorbé la plus grande partie du gaz resté après l'action de KaO. On n'a pu mesurer la bulle non absorbée.

est resté exposé au soleil de 9 heures à 4 heures dans un mélange formé de :

	cc
Acide carbonique.............	33,5 (12)
Air atmosphérique............	44,4

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	77,9	33,5	9,3	35,5
Après l'exposition..	78,3 (13)	15,4	27,1	35,8
Différences....	+0,4	−18,1	+17,8	+0,3

Le gaz acide carbonique décomposé par centimètre carré dans une heure serait $0^{cc},013$.

Dans le mélange d'air et d'acide carbonique, le même poids d'aiguilles du pinsapo a décomposé, dans le même espace de temps, près de deux fois autant de gaz acide carbonique qu'alors que ces aiguilles fonctionnaient dans le gaz acide pur.

Expérience du 22 juillet 1864.

Feuilles de laurier-rose dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique. — On a exposé au soleil deux feuilles de laurier-rose ayant ensemble une surface de 100 centimètres carrés dans un mélange de :

	cc
Gaz acide carbonique.........	29,4 (14)
Air atmosphérique............	57,7

L'exposition a eu lieu de 8 heures à midi.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(12) Gaz.....................	46,1	20,0	592,5	33,5
Air + CO^2................	93,1	18,55	679,5	77,93
(13) Après l'exposition......	93,14	18,5	682,3	78,31
Après absorpt. par KaO.	77,4	18,9	660,5	62,9 = O + Az
Après absorption par pyrogallate.............	47,3	18,6	607,3	35,8 = Azote
(14) Gaz....................	41,4	19,0	576,5	29,36
Air + CO^2................	102,9	19,5	689,3	87,11

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,1	29,4	12,1	45,6
Après l'exposition..	87,8 (15)	9,8	32,4	
Différences....	+0,7	−19,6	+20,3	

En quatre heures, les feuilles ont décomposé $19^{cc},6$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},049$ par centimètre carré dans une heure.

Expérience du 25 juillet 1864.

Feuille de houx dans un mélange d'air et d'acide carbonique. — Une feuille pesant $1^{gr},2$, ayant une surface de 52 centimètres carrés, a été maintenue au soleil depuis midi jusqu'à $5^{h}30^{m}$ dans un mélange renfermant :

	cc
Gaz acide carbonique.........	31,8 (16)
Air atmosphérique...........	54,4

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	86,2	31,8	11,4	43,0
Après l'exposition..	86,3 (17)	26,7	16,3	43,3
Différences....	+0,1	−5,1	+4,9	+0,3

En cinq heures et demie la feuille de houx avait décomposé $5^{cc},1$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},018$ par centimètre carré dans une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(15) Après l'exposition.......	104,0	19,5	691,5	87,85
Après KaO.............	93,75	19,45	677,5	78,00 O + Az

L'oxygène a été évalué par différence, en retranchant $45^{cc},6$ de 78 centimètres cubes.

	Volume.	Tempér.	Pression	Réduit.
(16) Gaz.....	41,0	18,9	587,9	31,83
Air + CO^2.......... ...	101,5	19,3	694,1	86,22
(17) Après exposition........	100,9	18,4	693,7	86,27
Après Ka O.............	74,7	19,9	650,6	59,61
Après pyrogallate.......	56,45	19,1	623,7	43,3 Az

EXPÉRIENCE DU 1er AOUT 1864.

Guy du pommier dans un mélange d'air et d'acide carbonique. — On a exposé au soleil pendant cinq heures un rameau portant quatre feuilles et deux tiges aussi vertes que les feuilles; la surface était de 100 centimètres carrés; le mélange gazeux contenait :

	cc
Acide carbonique.............	35,0 (18)
Air atmosphérique...........	50,4

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	85,4	35,0	10,6	39,8
Après l'exposition..	85,4 (19)	25,1	20,5	39,8
Différences....	0,0	−9,9	+9,9	0,0

En cinq heures, le guy a décomposé $9^{cc},9$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},02$ par centimètre carré dans une heure.

EXPÉRIENCE DU 17 AOUT 1864.

I. *Feuille de laurier-cerise dans le gaz acide carbonique.* — On a placé dans une atmosphère de gaz acide carbonique pur une feuille pesant $1^{gr},59$, ayant une superficie de 72 centimètres carrés.

L'exposition a duré de 8 heures du matin à 6 heures du soir.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	86,7 (20)	86,7	0,0	0,0
Après l'exposition..	86,7	75,4	10,9	0,4
Différences ...	0,0	−11,3	+10,9	+0,4

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(18) Gaz....................	42,0	21,5	684,1	35,05
Air + CO^2............	100,0	20,0	696,6	85,41
(19) Après exposition........	99,93	19,3	695,2	85,38
Après KaO.............	75,0	30,4	656,35	60,3 Az+O

L'oxygène a été déduit par différence en retranchant Az $39^{cc},8$ de $60^{cc},3$.

Voir la Note (20) page 278.

En dix heures, la feuille a décomposé $11^{cc},3$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},015$ par centimètre carré dans une heure.

II. *Feuille de laurier-rose dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Un feuille de même surface a été mise dans un mélange gazeux formé de :

	cc
Acide carbonique...........	29,8 ([21])
Air atmosphérique............	48,3

L'exposition au soleil a eu lieu de 10 heures à $11^{h}15^{m}$.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	78,0	29,8	10,1	38,1
Après l'exposition..	78,0 ([22])	18,0	22,0	38,0
Différences....	0,0	−11,8	+11,9	−0,1

L'acide carbonique décomposé dans une heure par 1 centimètre carré a été $0^{cc},131$.

En une heure et un quart la feuille a décomposé autant d'acide carbonique qu'en avait décomposé en dix heures une feuille d'égale surface placée dans le gaz acide carbonique pur.

III. *Feuille de laurier-cerise dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — On a fait simultanément,

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([20]) Gaz....................	102,0	17,7	688,0	86,72
Après exposition........	102,8	18,75	686,8	86,74
Après absorpt. par Ka O.	17,4	18,3	526,9	11,34 O + Az
Après absorption par pyrogallate.............	0,5	17,75	716,0	0,4 Az
([21]) Gaz....................	43,0	21,0	566,7	29,77
Air + CO^2	94,9	20,6	672,1	78,03
([22]) Après exposition........	95,85	21,65	668,1	78,05
Après phosphore........	74,0	21,85	621,5	56,03 CO^2 + Az
Après Ka O............	52,8	22,1	591,5	38,02 Az

dans les mêmes conditions, une autre observation pour voir si l'on arriverait à un résultat semblable. La seule différence a consisté à substituer, comme absorbant de l'oxygène, le pyrogallate au phosphore.

Une feuille de même surface a été introduite dans un mélange formé de :

	cc
Acide carbonique.............	27,3 [23]
Air atmosphérique............	55,2

L'appareil a été placé au soleil depuis 10 heures jusqu'à $11^h 15^m$.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	c	cc
Avant l'exposition..	82,5	27,3	11,6	43,7
Après l'exposition..	83,1 [24]	16,1	23,2	43,9
Différences....	+0,6	−11,2	+11,6	+0,2

Ces nombres diffèrent peu de ceux auxquels on est arrivé dans l'expérience décrite précédemment.

IV. *Feuille de laurier-cerise dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Une feuille semblable à celles employées dans les expériences précédentes a été exposée au soleil, pendant dix heures, dans un mélange gazeux formé de :

	cc
Acide carbonique.............	32,3 [25]
Air atmosphérique............	46,6

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[23] Gaz..................	38,65	21,0	577,65	27,28
Air + CO^2.............	98,0	20,6	688,1	82,51
[24] Après l'exposition......	99,3	21,65	686,4	83,12
Après KaO.............	82,35	21,4	667,35	67,06
Après pyrogallate.......	57,35	20,8	626,0	43,90
[25] Gaz..................	45,0	21,0	587,7	32,32
Air + CO^2.............	94,8	30,6	679,9	78,87

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	78,9	32,3	9,8	36,8
Après l'exposition..	79,1 (26)	3,3	39,3	36,5
Différences....	+0,2	—29,0	+29,5	—00,3

En dix heures la feuille a décomposé 29 centimètres cubes de gaz acide carbonique, soit $0^{cc},04$ par centimètre carré dans une heure.

On voit, en comparant ce résultat à celui de l'observation II, que c'est surtout au commencement de l'exposition au soleil qu'une feuille décompose plus d'acide carbonique.

Expérience du 3 septembre 1864.

I. *Feuille de chêne dans le gaz acide carbonique pur.* — On a exposé au soleil, dans du gaz acide carbonique pur, une feuille dont la superficie était de 224 centimètres carrés.

L'exposition a duré quatre heures, de 11 heures du matin à 3 heures.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,0	87,0 (27)	0,0	0,0
Après l'exposition..	86,1	82,1	4,0	0,0
Différences....	—0,9	—4,9	+4,0	0,0

En quatre heures la feuille a décomposé $4^{cc},9$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},005$ par centimètre carré dans une heure. L'oxygène apparu n'est que les $\frac{4}{5}$ de l'acide carbonique disparu, ce qui paraîtrait indiquer une absorption d'oxygène.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(26) Après l'exposition	95,4	20,8	679,7	79,11
Après phosphore........	54,9	22,0	595,2	39,80
Après Ka O	49,95	22,1	600,0	36,50 Az
(27) Gaz..................	101,4	16,8	693,4	87,03

II. *Feuille de chêne dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Une feuille semblable à celle que l'on avait placée dans l'acide carbonique pur a été exposée au soleil, pendant quatre heures, dans un mélange de :

	cc
Acide carbonique.......... ..	37,7 [28]
Air atmosphérique...........	48,3

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	86,0	37,7	10,1	38,2
Après l'exposition..	85,7 [29]	12,7	34,8	38,2
Différences....	—0,3	—25,0	+24,7	0,0

En quatre heures, la feuille a décomposé 25 centimètres cubes de gaz acide carbonique : $0^{cc},028$ par centimètre carré dans une heure, cinq fois autant que la feuille placée dans le gaz acide carbonique pur.

EXPÉRIENCE DU 3 AOUT 1864.

Feuilles de laurier-cerise dans le gaz acide carbonique. — On s'est proposé de rechercher si une feuille, en restant confinée pendant longtemps dans du gaz acide carbonique pur, finit, quand elle est exposée à la lumière, par constituer une atmosphère dans laquelle elle fonctionne comme dans un mélange d'air et d'acide carbonique.

Une feuille présentant une superficie de 90 centimètres carrés a été mise dans du gaz acide carbonique pur et exposée au soleil de 11 heures à 5 heures, puis on l'a retirée.

Le 4 août, on a placé une autre feuille de même dimen-

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[28] Gaz..................	51,0	19,25	601,3	37,70
Air + CO^2............	99,8	17,8	697,4	85,98
[29] Après exposition.........	100,0	17,4	696,4	85,73
Après phosphore........	65,6	17,45	631,4	50,88 CO^2+Az
Après Ka O.............	50,2	17,2	614,4	38,2 Az

sion dans l'atmosphère où la veille avait séjourné la première feuille. L'exposition, commencée à 9 heures, a été terminée à 1 heure. En définitive, le gaz acide carbonique avait été successivement en contact à la lumière pendant dix heures avec une feuille.

Voici le résultat :

Volume du gaz acide carbonique..	81,9 cc (30)
Après l'absorption par le phosphore opérée le 4 août, on a trouvé : Gaz............	57,8 (31)
Oxygène.........	24,1 = ac. carb. disparu.

Ainsi, la feuille placée dans du gaz acide carbonique pur aurait fini, après dix heures d'exposition à la lumière, par former une atmosphère dans laquelle il y avait environ 27 pour 100 de gaz oxygène. Il est clair qu'une nouvelle feuille, si on l'eût introduite dans cette atmosphère, aurait fonctionné comme dans un mélange d'air et d'acide carbonique.

Dans le courant de l'année 1865, on a fait une nouvelle série d'expériences sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles.

EXPÉRIENCE DU 22 MAI 1865.

Feuille de laurier-cerise dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique. — Une feuille ayant une surface de 102 centimètres carrés a été exposée au soleil pendant quatre heures dans :

Acide carbonique.............	30,0 cc (32)
Air atmosphérique...........	49,9

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(30) CO^2.................	95,0	15,8	693,2	81,91
(31) Gaz....................	74,06	16,4	646,6	57,84
(32) Gaz....................	41,6	16,7	581,75	30,01
Air + CO^2............	94,9	17,0	679,9	79,93

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	79,9	30,0	10,5	39,5
Après l'exposition..	80,2 (33)	11,7	28,7	39,8
Différences....	+0,3	—18,3	+18,2	+0,3

En quatre heures, la feuille a décomposé 18^{cc},3 de gaz acide carbonique : 0^{cc},045 par centimètre carré, dans une heure.

Expérience du 8 juin 1865.

Feuille de laurier-cerise dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique. — On a exposé au soleil, de midi à 4 heures, une feuille ayant une superficie de 82 centimètres carrés, dans un mélange de :

	cc
Gaz acide carbonique.........	31,5 (34)
Air atmosphérique...........	47,8

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	79,3	31,5	10,0	37,8
Après l'exposition..	79,3 (35)	18,7	22,8	37,8
Différences....	0,0	—12,8	+12,8	0,0

En quatre heures, la feuille a décomposé 12^{cc},8 de gaz acide carbonique : 0^{cc},04 par centimètre carré dans une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(33) Après l'exposition.......	94,5	17,4	686,5	80,25
Après phosphore........	66,8	18,4	625,2	51,50
Après Ka O.............	52,75	18,6	613,1	39,85
(34) Gaz....................	43,0	18,4	591,45	31,55
(35) Après l'exposition.......	93,5	17,7	686,8	79,35
Après Ka O......... ...	74,73	18,2	658,5	60,58

On n'a pas dosé l'oxygène, on a supposé que l'oxygène formé avait un volume égal à celui du gaz acide carbonique disparu.

EXPÉRIENCE DU 23 JUIN 1865.

Feuille de laurier-cerise dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique. — On a exposé au soleil, de 9 heures à 4 heures, une feuille ayant une superficie de 104 centimètres carrés dans de l'air mêlé à du gaz acide carbonique :

	cc	
Acide carbonique.............	28,3	(36)
Air..........................	37,7	
	76,0	
Après l'absorption de l'acide carb.	46,2	
Acide carbonique disparu	29,8	
Acide carbonique ajouté.........	28,3	
Différence................	1,5	

Il y aurait eu $1^{cc},5$ d'acide en excès sur celui que l'on avait mis? Quoi qu'il en soit, en sept heures, la feuille en aurait décomposé $28^{cc},3$: $0^{cc},039$ par mètre carré, dans une heure.

EXPÉRIENCE DU 25 JUILLET 1865.

I. *Feuille de laurier-rose dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique.* — Feuille d'une superficie de 102 centimètres carrés, exposée au soleil, de 10 heures à 5 heures, dans :

	cc	
Acide carbonique.............	39,0	(37)
Air atmosphérique.............	44,7	
	83,7	
Après l'absorption de l'acide carb.	83,9	
Différence................	0,6	

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(36) Gaz	38,9	17,9	588,6	28,27
Air + CO^2.............	90,5	18,8	682,3	76,01
Après KaO.............	59,73	18,6	628,4	46,24
(37) Gaz..................	52,0	21,5	615,7	39,05
Air + CO^2.............	97,0	20,9	705,4	83,70
Après KaO	97,0	21,3	712,5	83,94

Il y a eu un excès de gaz de 0cc,6, mais les 39cc,0 d'acide carbonique avaient été décomposés en sept heures : par centimètre carré de feuille, dans une heure, 0cc,054.

EXPÉRIENCE DU 7 AOUT 1865.

Feuille de laurier-rose dans un mélange d'air et de gaz acide carbonique. — Superficie, 57 centimètres carrés. Exposition au soleil, de 11 heures à 3 heures, dans :

	cc
Acide carbonique..............	28,9 [38]
Air atmosphérique.............	63,5
	92,4
Après l'absorption de l'acide carb.	79,0
Acide carbonique restant........	13,4
Acide carbonique ajouté....	28,9
Acide carb. décomposé en 4 heures.	15,5

0cc,068, par centimètre carré, dans une heure.

J'ai réuni les résultats obtenus dans cette première série d'expériences :

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[38] Gaz.....................	39,9	16,4	582,9	28,91
CO^2 + air..	106,0	16,5	702,2	92,37
Après KaO......... ...	93,3	16,9	683,7	79,04

PLANTES.	ÉPOQUES des EXPÉRIENCES.	ACIDE CARBONIQUE disparu.	OXYGÈNE apparu.	DURÉE de L'EXPOSITION au soleil.	SURFACES des FEUILLES.	ACIDE CARBONIQUE décomposé par décim. carré en une heure.	CONSTITUTION de L'ATMOSPHÈRE.
		cc	cc	h m	cq	cc	
Laurier-cerise....	1864. Juillet 11	5,2	5,9	4 0	134	0,8	Acide carbonique.
Id............	» 11	23,2	22,9	4 0	124	4,7	CO^2 + air.
Laurier-rose......	» 14	4,0	4,5	4 0	90	1,0	Acide carbonique.
Id............	» 14	19,6	19,9	4 0	90	5,5	CO^2 + air.
Id............	» 22	19,6	20,3	4 0	100	4,9	CO^2 + air.
Pinsapo..........	» 18	13,0	13,0	7 0	204	0,9	Acide carbonique.
Id	» 18	18,1	17,8	7 0	204	1,3	CO^2 + air.
Laurier-cerise....	Août 17	11,3	10,9	10 0	72	1,5	Acide carbonique.
Id............	» 17	11,8	11,9	1 15	72	13,1	CO^2 + air.
Id............	» 17	11,2	11,6	1 15	72	12,8	CO^2 + air.
Id............	» 17	29,0	29,5	10 0	72	4,0	CO^2 + air.
Chêne............	Sept. 3	4,9	4,0	4 0	224	0,5	Acide carbonique.
Id............	» 3	25,0	24,7	4 0	224	2,8	CO^2 + air.
Houx............	Juillet 25	5,1	4,9	5 30	52	1,8	CO^2 + air.
Guy du pommier.	Août 1	9,9	9,9	5 0	100	2,0	CO^2 + air.
Laurier-cerise....	1865. Mai 22	18,3	18,2	4 0	102	4,5	CO^2 + air.
Id............	Juin 8	12,8	12,8	4 0	82	4,0	CO^2 + air.
Id............	» 23	28,3	"	7 0	104	3,9	CO^2 + air.
Laurier-rose......	Juillet 25	39,0	"	7 0	102	5,4	CO^2 + air.
Id............	» 7	15,5	"	4 0	57	6,8	CO^2 + air.

Si l'on fait la somme de l'acide carbonique disparu et de l'oxygène apparu dans les observations où les volumes de ces deux gaz ont été dosés simultanément, on trouve que pendant l'exposition à la lumière, $232^{cc},1$ d'acide carbonique ont été remplacés par $232^{cc},8$ d'oxygène ; il y a donc, comme je l'ai établi dans un précédent Mémoire, égalité entre le volume du gaz acide carbonique décomposé par les feuilles et le volume du gaz oxygène obtenu, sans qu'il y ait eu absorption ou émission de gaz azote ([39]).

Cette première série d'observations montre, en outre, que, sous les mêmes influences de lumière et de température, les volumes de gaz acide carbonique décomposés par des feuilles placées parallèlement, les unes dans l'acide carbonique pur, les autres dans un mélange du même acide et d'air atmosphérique, ont été le plus ordinairement dans le rapport de 1 à 5, et elle tend à faire croire, contrairement à l'opinion de Saussure, que les parties vertes exposées au soleil décomposent lentement, graduellement, mais enfin décomposent l'acide carbonique sans le concours initial de l'oxygène. Cependant, en discutant ces expériences, on s'aperçoit qu'elles ne démontrent pas d'une manière irréfutable la non-intervention de l'oxygène.

Sans doute, il est possible d'obtenir de l'acide carbonique d'une pureté absolue, mais aussitôt que l'on fait pénétrer dans ce gaz une feuille, et à plus forte raison une branche, sa pureté est altérée. C'est que les feuilles contiennent dans leur parenchyme une atmosphère latente, condensée, se mêlant, par l'effet de la diffusion, à l'acide carbonique pur confiné dans les appareils. Qu'il y ait dans la très-faible quantité de gaz ainsi introduit aussi peu d'oxygène qu'on voudra le supposer, $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, par exemple, ce dixième communiquera à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube d'acide

---

([39]) Boussingault. *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édition, t. III, p. 380.

carbonique la propriété d'être décomposé par les feuilles en émettant un volume égal d'oxygène. Dans une seconde phase, il y aura $\frac{2}{10}$ d'acide carbonique décomposé, puis $\frac{4}{10}$, puis $\frac{8}{10}$, et ainsi progressivement. C'est pourquoi, en introduisant une feuille dans une atmosphère formée par de l'acide carbonique pur, remplaçant cette feuille par une autre après un certain temps, on finit par transformer la presque totalité de l'acide carbonique en oxygène.

La décomposition de l'acide carbonique pur par les feuilles éclairées par le soleil, extrêmement lente d'abord, un peu plus active ensuite, aussi rapide qu'avec l'intervention de l'air au bout de huit à dix heures, semblerait donc pouvoir être expliquée par l'action déterminante d'une seule bulle initiale d'oxygène apportée par la plante.

Il y a cependant deux objections contre cette hypothèse que semblent si bien appuyer les faits observés. La première, c'est que, ainsi que l'on va voir, l'oxygène ne paraît pas exercer d'action sensible sur les feuilles, tant qu'elles sont exposées à une vive lumière.

Expérience du 2 juillet 1864.

Feuille de laurier-cerise dans l'air atmosphérique, au soleil. — La feuille cueillie au soleil, ayant une surface de 52 centimètres carrés, pesant 2gr,30, a été exposée depuis 8 heures du matin jusqu'à 1 heure de l'après-midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	91,1 (40)	19,1	72,0	0,0
Après l'exposition.	91,3	19,2	72,1	0,0
Différences...	+0,2	+0,1	+0,1	0,0

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(40) Air atmosphérique.....	104,2	14,2	698,8	91,08
Après l'exposition.....	105,2	14,1	693,9	91,35
Après phosphore......	86,8	15,2	666,65	72,13

L'atmosphère confinée dans l'appareil n'avait pas éprouvé de modification.

EXPÉRIENCE DU 18 JUILLET 1864.

Rameau de pinsapo dans l'air atmosphérique, au soleil. — La petite branche pesait 6 grammes; elle consistait en : tige ligneuse, $2^{gr},1$; aiguilles vertes, $3^{gr},9$. La surface des aiguilles était 219 centimètres carrés; on l'a exposée pendant quatre heures, de 9 heures du matin à 1 heure de l'après-midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	72,13 (41)	15,12	57,01	0,0
Après l'exposition.	72,98	15,82	57,16	0,0
Différences...	+0,85	+0,70	+0,15	0,0

L'augmentation de volume constatée après l'exposition provient vraisemblablement de l'acide carbonique et de l'azote apportés par le rameau.

Les $0^{cc},7$ d'oxygène acquis représentent un égal volume d'acide carbonique décomposé sous l'influence de la lumière.

EXPÉRIENCE DU 25 JUILLET 1864.

I. *Feuilles de laurier-rose dans l'air atmosphérique, au soleil.* — Deux feuilles, présentant une surface de 102 centimètres carrés, ont été exposées depuis 8 heures jusqu'à midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	87,40 (42)	18,32	69,08	0,0
Après l'exposition.	88,39	19,20	69,19	0,0
Différences...	+0,99	+0,88	+0,11	0,0

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(41) Air atmosphérique.....	88,1	20,05	667,9	72,13
Après l'exposition.....	88,24	18,5	671,15	72,98
Après pyrogallate......	71,56	18,6	648,5	57,16
(42) Air atmosphérique.....	102,0	19,0	696,6	87,40
Après exposition......	103,6	19,65	695,1	88,39
Après pyrogallate.....	87,7	18,8	671,5	69,19

On peut encore attribuer l'accroissement du volume du gaz après l'exposition à de l'acide carbonique et à de l'azote apportés par les feuilles; l'acide carbonique ayant été remplacé par un volume égal d'oxygène.

II. *Feuilles de houx dans l'air atmosphérique, au soleil.* — Deux feuilles pesant 2gr,4, surface 60 centimètres carrés, sont restées dans l'appareil de midi à 5 heures.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	86,17 (43)	18,06	68,11	0,0
Après l'exposition.	86,17	17,96	68,21	0,0
Différences...	0,00	—0,10	+0,10	0,0

EXPÉRIENCE DU 29 JUILLET 1864.

Feuille de chêne dans l'air atmosphérique, au soleil. — Une feuille pesant 2gr,23, surface 250 centimètres cubes, a été exposée de 9 heures du matin à 3 heures de l'après-midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	82,62 (44)	17,32	65,30	0,0
Après l'exposition.	82,72	77,22	65,50	0,0
Différences...	+0,10	—0,10	+0,20	0,0

La température, dans l'appareil, n'a pas excédé 28 degrés.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(43) Air atmosphérique.....	101,7	18,9	688,5	86,17
Après l'exposition.....	101,75	18,4	687,1	86,17
Après pyrogallate......	83,4	19,1	665,0	68,21
(44) Air atmosphérique....	99,1	20,35	680,9	82,62
Après l'exposition.....	98,9	20,4	683,9	82,72
Après pyrogallate......	80,8	20,3	661,9	65,50

EXPÉRIENCE DU 1er AOUT 1864.

Guy du pommier dans l'air atmosphérique, au soleil. — Un rameau pesant 3gr,14, portant quatre feuilles réparties sur deux tiges vertes, a été exposé pendant six heures.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	60,37 (45)	12,69	47,84	0,0
Après l'exposition.	60,53	12,34	48,17	0,0
Différences...	+0,16	−0,35	+0,33	0,0

La constitution de l'air n'a pas été modifiée, le faible volume d'oxygène manquant est exactement compensé par un volume égal d'azote. Ce qui indiquerait que le gaz oxygène a été dosé un peu trop bas, et le gaz azote un peu trop haut, ce qui arrive souvent quand l'absorption de l'oxygène a lieu par le pyrogallate.

Après l'exposition la potasse n'a occasionné aucune diminution de volume dans le gaz : ainsi au soleil, dans l'air, une plante parasite comme le guy ne cède pas de carbone au gaz oxygène.

EXPÉRIENCE DU 2 AOUT 1864.

Feuille de chêne dans l'air atmosphérique, au soleil. — Une feuille pesant 2gr,15, surface 255 centimètres carrés, a été exposée de 9 heures du matin à 3 heures de l'après-midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	82,20 (46)	17,20	65,00	0,0
Après l'exposition.	81,76	16,70	65,08	0,0
Différences...	−0,44	−0,50	+0,08	0,0

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(45) Air atmosphérique.....	76,5	21,5	646,9	60,37
Après l'exposition......	76,0	20,0	649,65	60,53
Après KaO	75,3	20,4	656,3	60,51

Voir la Note (46) page 292.

L'analyse indiquerait une légère diminution d'oxygène qui coïnciderait avec la diminution du volume du gaz après l'exposition au soleil.

EXPÉRIENCE DU 6 AOUT 1864.

Feuille de laurier-cerise dans l'air atmosphérique, au soleil. — Une feuille pesant $1^{gr},59$, surface 72 centimètres carrés, a été exposée de 10 heures à $11^h 15^m$.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition.	76,6 (47)	16,1	60,5	0,0
Après l'exposition.	76,9	16,5	60,4	0,0
Différences...	+0,3	+0,4	—0,1	0,0

EXPÉRIENCE DU 11 AOUT 1864.

Feuille de chêne dans l'air atmosphérique, au soleil. — Une feuille pesant $2^{gr},59$, surface 318 centimètres carrés, a été exposée de 9 heures du matin à 1 heure après midi.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	81,35 (48)	17,05	64,30	0,0
Après l'exposition..	81,41	16,98	64,46	0,0
Différences....	+0,06	—0,07	+0,16	0,0

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(46) Air atmosphérique.....	98,3	20,0	682,05	82,20
Après l'exposition.....	97,7	19,2	680,35	81,76
Après pyrogallate......	80,17	19,3	660,55	65,08

La potasse n'a pas déterminé d'absorption.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(47) Air atmosphérique.....	93,5	21,00	670,45	76,60
Après l'exposition.....	94,45	21,65	668,2	76,95
Après phosphore.......	77,6	21,85	641,0	60,44
Après KaO..........	76,95	22,1	645,0	60,44
(48) Air atmosphérique.....	97,0	19,25	682,4	81,35
Après exposition.......	96,2	17,45	685,5	81,41
Après pyrogallate......	79,25	17,9	658,65	64,46

On avait essayé d'absorber l'oxygène par la boule de phosphore, et quoique

EXPÉRIENCE DU 10 SEPTEMBRE 1864.

Feuilles de laurier-rose dans l'air, au soleil. — Deux feuilles, cueillies au soleil, ont été exposées pendant deux heures.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	74,1 (49)	15,5	58,6	0,0
Après l'exposition..	74,1	15,4	58,7	0,0
Différences....	0,0	−0,1	+0,1	0,0

EXPÉRIENCE DU 27 SEPTEMBRE 1864.

Feuilles de laurier-rose dans l'air, au soleil. — Deux feuilles ont été exposées au soleil, dans un flacon plein d'air, afin de décomposer tout le gaz acide carbonique qu'elles pouvaient renfermer dans leur parenchyme; puis, ensuite, on les a introduites dans un appareil contenant de l'air, où elles sont restées exposées à la lumière pendant deux heures.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	72,49 (50)	15,19	57,30	0,0
Après l'exposition..	72,50	15,15	57,33	0,0
Différences....	+0,01	−0,04	+0,03	0,0

la température fût de 21 degrés, la combustion lente n'eût pas lieu. On a eu plusieurs fois, dans le cours de ces recherches, l'occasion de constater cette inertie du phosphore dans une atmosphère riche en oxygène et se trouvant dans les conditions de température et de constitution favorables à la combustion lente. Je suis porté à expliquer ce fait par la présence d'une minime proportion de l'un des gaz combustibles qui empêchent, comme on sait, le phosphore de devenir lumineux dans l'obscurité.

(49) Le volume de l'air n'a été pris qu'après l'exposition.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
Gaz	89,65	18,7	671,0	74,09
Après phosphore........	72,6	17,1	653,1	58,71

(50)

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
Air atmosphérique.	87,9	19,4	671,43	72,49
Après l'exposition.......	87,87	18,7	670,0	72,50
Après phosphore........	70,95	17,3	652,95	57,33

L'atmosphère confinée n'a pas éprouvé le moindre changement dans son volume ni dans sa constitution. Cela tient évidemment à ce que cette atmosphère et la feuille qui s'y trouvait confinée ne renfermaient que des quantités inappréciables d'acide carbonique.

Le gaz oxygène ne parait donc agir sur les feuilles exposées à une vive lumière.

Expérience du 16 septembre 1865.

Feuille de laurier-rose attenant à l'arbuste, placée dans l'air, au soleil. — On a fait pénétrer, dans une cloche renfermant de l'air, l'extrémité d'une branche à laquelle adhérait une feuille. La cuve à mercure avait été installée près de l'arbuste, dans le jardin, en plein midi. La surface de la feuille (les deux côtés du limbe) avait 105 centimètres carrés.

Lorsque la feuille a été introduite, on a maintenu la hauteur du mercure dans l'intérieur de la cloche au niveau du mercure de la cuve. Le métal a été recouvert d'une couche d'eau pour prévenir la solution de continuité qu'aurait pu établir la tige ligneuse de la branche.

La feuille est restée au soleil depuis midi jusqu'à 5 heures.

	Air.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,47 (51)	18,33	69,14	0,0
Après l'exposition..	91,06	20,60	70,45	0,0
Différences....	+3,59	+2,27	+1,31	0,0

Les $2^{cc},27$ de gaz oxygène proviennent sans doute de l'acide carbonique émis par la feuille et par la tige qui

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(51) Air atmosphérique......	99,9	21,4	717,6	87,47
Après l'exposition......	105,0	21,2	709,7	91,06
Après phosphore........	83,6	21,1	689,9	70,45

La potasse n'a pas indiqué d'acide carbonique.

la portait; le gain, $1^{cc},3$, en azote, doit être attribué à l'atmosphère condensée dans la partie de la branche que l'on a fait pénétrer dans l'appareil; il est vraisemblable que ce volume d'azote résulte de l'échange d'un volume égal d'oxygène; de sorte que le volume de gaz oxygène, apporté par la feuille en cinq heures, atteignait probablement $3^{cc},6$. Toutefois, ce résultat ne saurait donner une idée tant soit peu exacte de la quantité d'acide carbonique qu'une feuille tenant à la plante est capable de fournir, par la raison que cette feuille, dans les conditions de l'expérience, n'était pas dans une situation normale; sa transpiration devait être tellement atténuée, que l'on pouvait la considérer comme nulle; or c'est certainement pendant l'évaporation, par la surface verte, de l'eau puisée dans le sol par les racines qu'afflue, dans les feuilles, une grande partie du gaz acide carbonique que la lumière modifie.

Le faible volume d'acide carbonique que la lumière avait transformé était probablement emprisonné dans les tissus de l'arbuste; néanmoins, il convenait de s'assurer que l'air disséminé dans l'organisme de la plante diffère de l'air extérieur.

Expérience du 18 septembre 1865.

Aussitôt après qu'on eût fait une section à l'extrémité d'une branche dégarnie de feuilles appartenant à un laurier-rose très-vigoureux, on la fit pénétrer jusqu'au haut d'une cloche graduée pleine de mercure, posée sur une cuve dont la surface était recouverte d'eau pour empêcher la diffusion des gaz qu'aurait favorisée le contact imparfait de l'écorce ligneuse avec le métal. Par suite de ces dispositions, la section faite à la branche, parvenue au sommet de la cloche, éprouvait une succion déterminée par la colonne de mercure. Aussi, dès que l'appareil fut installé, on vit sortir de cette section une bulle de gaz; le dégagement des bulles fut très-lent, la force de succion diminuant à

mesure que le gaz se rassemblait dans la cloche. L'aspiration, commencée le 18 à 9 heures du matin, fut interrompue le 19 à 8 heures. La surface du mercure dans l'intérieur du récipient se maintenait alors à 1 centimètre au-dessus de la surface du mercure de la cuve. En vingt-trois heures, comprenant onze heures de jour et douze heures de nuit, il était entré dans la cloche $92^{cc},8$ de gaz mesuré à la température de $26^{o},6$, sous la pression de $677^{mm},5$: soit à zéro et à pression 760 millimètres, $76^{cc},93$.

De la branche dénudée attenant à l'arbuste, et alors qu'un nombre considérable de feuilles fonctionnaient dans l'air, le gaz était sorti avec une vitesse moyenne de $3^{cc},3$ par heure. L'analyse a indiqué pour la composition du gaz recueilli :

	cc		Pour 100.
Azote	67,61	(52)	88,01
Oxygène	5,11		6,64
Acide carbonique	4,11		5,35
	76,93		100,00

Le gaz sorti des tissus d'un laurier-rose rappelle, par sa constitution, par la forte proportion d'acide carbonique, l'air confiné dans une terre fortement fumée. Il diffère peu du gaz que Théodore de Saussure a extrait, par un moyen analogue, d'une branche de pommier contenant, sur 100 (53) :

Azote	86
Oxygène	9
Acide carbonique	5

---

(52)	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
Gaz	92,8	20,6	677,5	76,93
Après l'absorption par le phosphore	87,9	18,6	663,2	71,82
Oxygène				5,11
Après l'absorption par la potasse	77,8	19,7	646,3	67,71 Az
Acide carbonique				4,11

(53) De Saussure, *Recherches chimiques sur la Végétation*, p. 123.

Ce gaz, logé dans l'ensemble des tissus ligneux, ou dissous dans la séve, diffère du gaz renfermé dans le parenchyme des feuilles, par la présence de l'oxygène.

Il ressort, en effet, d'expériences antérieures ([54]), que le gaz extrait par une ébullition dans le vide des organes foliacés d'un assez grand nombre d'espèces végétales consiste en un mélange d'azote et d'acide carbonique. Il y a dans ce fait une nouvelle objection à l'idée émise précédemment : que la présence d'une bulle d'oxygène déterminerait la décomposition du gaz acide carbonique par ces organes sous l'influence de la lumière.

Ce ne serait donc plus par la très-faible quantité d'oxygène qu'elles apporteraient que les feuilles souilleraient une atmosphère d'acide carbonique pur, mais par une très-faible quantité d'azote ; et, dans l'hypothèse que nous avons formulée, il conviendrait par conséquent de reporter tout aussi bien à une bulle d'azote l'action déterminante si curieuse que nous avons constatée en l'attribuant à une bulle d'oxygène. S'il en est réellement ainsi, il faut alors que l'azote favorise la décomposition du gaz acide carbonique, comme la favorise l'oxygène; il faut que dans un mélange d'azote et d'acide carbonique les feuilles fonctionnent, à la lumière, comme dans un mélange d'acide carbonique et d'air respirable; dès lors, le concours de l'oxygène n'est plus indispensable à l'accomplissement du phénomène que nous étudions. C'est en effet ce qui a lieu. Ici surgit tout naturellement une réflexion. Si un gaz aussi inerte que l'est l'azote à l'égard des végétaux agit comme l'oxygène quand il est mêlé à l'acide carbonique, un gaz inerte quelconque doit se comporter de la même manière. C'est encore ce qui a lieu : les feuilles qui, à la lumière, ne réduisent très-probablement pas le gaz acide carbonique lorsqu'il est

---

([54]) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édition, t. III, p. 378.

pur, ou ne le réduisent qu'avec une excessive lenteur, le décomposent rapidement quand il est mêlé, soit à du gaz azote, soit à du gaz hydrogène.

EXPÉRIENCE DU 17 AOUT 1864.

I. *Feuille de laurier-cerise, de 66 centimètres carrés de surface, exposée au soleil pendant six heures, dans un mélange de gaz azote et d'acide carbonique.*

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	73,1	26,6 (55)	0,0	46,5
Après l'exposition..	73,7	1,1	25,5	47,1
Différences....	+0,6	−25,5	+25,5	+0,6

Par centimètre carré, en une heure, acide carbonique décomposé, $0^{cc},064$.

II. *Feuille de laurier-cerise, surface 66 centimètres carrés, exposée au soleil pendant six heures, dans un mélange de gaz hydrogène et de gaz acide carbonique.*

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Hydrogène.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,1	27,9 (55)	0,0	59,2
Après l'exposition..	87,2	2,0	26,3	59,0
Différences....	+0,1	−25,9	+26,3	−0,2 (56)

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(55) CO^2..................	37,5	17,7	574,25	26,61
Azote + CO^2...........	88,5	18,4	670,2	73,12
Après l'exposition......	89,77	18,75	666,8	73,70
Après CO^2 absorbé......	87,5	18,3	672,0	72,55
Après pyrogallate.......	61,16	17,75	623,0	47,09
(56) CO^2..................	39,0	17,7	578,6	27,88
CO^2 + H..............	102,9	18,4	692,8	87,11
Après l'exposition.......	102,6	18,75	691,8	87,21
Après Ka O............	99,5	18,3	694,7	85,25
Après pyrogallate.......	73,75	17,75	646,8	58,95

par centimètre carré, en une heure, acide carbonique décomposé, $0^{cc},065$.

EXPÉRIENCE DU 16 OCTOBRE 1864.

Feuille de laurier-cerise, surface 70 centimètres carrés, exposée au soleil pendant sept heures, dans un mélange de gaz hydrogène et de gaz acide carbonique.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Hydrogène.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition . .	84,8	29,3 ([57])	0,0	55,5
Après l'exposition . .	84,9	1,9	27,7	55,3
Différences. . . .	+0,1	−27,4	+27,7	−0,2

$0^{cc},056$ d'acide carbonique décomposé par centimètre carré en une heure.

Ainsi que je m'en suis assuré, le gaz oxyde de carbone pur n'est pas décomposé par les feuilles exposées à la lumière. On s'est demandé si la décomposition aurait lieu en faisant intervenir un gaz inerte.

EXPÉRIENCE DU 16 MAI 1865.

I. Dans un mélange formé de :

	cc
Oxyde de carbone.	31,3 ([58])
Hydrogène.	52,1
Total.	83,4

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([57]) CO^2	40,0	10,8	578,8	29,31
$CO^2 + H$.	96,7	10,4	692,4	84,86
Après l'exposition	96,85	9,0	688,7	84,96
Après Ka O	95,0	10,0	688,4	83,01
Après phosphore.	68,25	9,6	638,0	55,34

L'oxygène a été absorbé par le phosphore à froid. C'est ce qui explique la faible perte de gaz que l'on a constatée dans toutes les expériences où l'on a fait intervenir l'hydrogène, ce gaz, comme je l'ai fait voir, diminuant de volume dans un milieu où le phosphore brûle lentement.

Voir la Note ([58]) page 300.

on a introduit une feuille de laurier-cerise. On a exposé au soleil pendant cinq heures.

	Gaz.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc
Avant l'exposition : CO + H.	83,4	0,0	0,0
Après l'exposition : gaz......	84,2	0,4	0,4
Différences..........	+0,8	+0,4	+0,4

Les faibles quantités d'oxygène et d'azote obtenues proviennent sans aucun doute de l'acide carbonique et de l'azote appartenant à l'atmosphère condensée dans la feuille.

L'oxyde de carbone pur, ou *dilué* dans un gaz inerte, n'est donc pas décomposable par les parties vertes des végétaux soumises à l'action solaire. J'ajouterai que ce gaz, agissant comme gaz inerte, détermine la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, ainsi que le font l'air atmosphérique, l'azote, l'hydrogène, et, comme on va le voir, l'hydrogène protocarboné.

II. Dans un mélange formé de :

	cc
Acide carbonique............	22,3 (59)
Hydrogène protocarboné......	61,1
Total..................	83,4

on a placé au soleil une feuille de laurier-cerise pesant $1^{gr},9$, surface 86 centimètres carrés.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(58) CO..................	44,3	16,3	570,25	31,30
CO + H..............	98,3	16,5	683,9	83,42
Après exposition........	98,7	17,4	689,9	84,23
Après phosphore........	98,4	18,4	690,0	83,78

Le phosphore, en pénétrant dans le gaz, a émis, pendant un instant, quelques vapeurs blanches, indice de la présence d'une très-faible quantité d'oxygène.

(59) CO^2.................	32,8	16,3	548,6	22,29
CO^2 + hydrog. carboné..	98,5	16,5	682,35	83,41
Après l'exposition	98,3	17,4	687,1	83,55
Après KaO............	95,6	18,4	686,95	81,00
Après pyrogallate.......	75,85	17,8	652,2	61,11

	Gaz.	CO^2	Oxygène.	Hydrog. carboné.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition........	83,4	22,3	0,0	61,1
Après 5 heures d'exposition.	83,5	2,5	19,9	61,1
Différences.......	+0,1	−19,8	+19,9	0,0

Acide carbonique décomposé, par centimètre carré, en une heure $0^{cc},046$.

L'inertie du gaz oxyde de carbone à l'égard des parties vertes des plantes corrobore cette opinion, que les feuilles décomposent simultanément de l'eau, et de l'acide carbonique qu'elles transforment en oxyde de carbone ([60]) :

$$CO^2, HO = CO, H, O^2,$$

CO, H exprimant le rapport suivant lequel le carbone est uni aux éléments de l'eau dans la cellulose, l'amidon, le sucre; en un mot, dans les principes élaborés par les feuilles, et dont la composition est représentée par du carbone et de l'eau. La décomposition de l'eau par les parties vertes des végétaux n'est pas d'ailleurs une hypothèse; je crois en avoir établi la réalité en appliquant l'analyse à des plantes venues dans un sol absolument stérile, sous l'unique influence du gaz acide carbonique et de l'eau ([61]).

Les résultats de cette partie de mes recherches peuvent être résumés ainsi :

1° Les feuilles exposées au soleil dans de l'acide carbonique pur ne décomposent pas ce gaz, ou, si elles le décomposent, ce n'est qu'avec une excessive lenteur.

2° Les feuilles exposées au soleil dans un mélange d'air atmosphérique et d'acide carbonique décomposent rapidement ce dernier gaz.

L'oxygène de l'air ne paraît pas intervenir dans ce phénomène.

([60]) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 83.

([61]) *Économie rurale*, t. I, p. 85.

3° Les feuilles exposées au soleil décomposent rapidement l'acide carbonique, quand ce gaz est mêlé à du gaz azote, à du gaz hydrogène, à du gaz oxyde de carbone, à du gaz hydrogène protocarboné.

Quoique la décomposition de l'acide carbonique par les parties vertes des végétaux soit un phénomène de dissociation, la séparation du carbone et de l'oxygène, j'y trouve une certaine analogie avec un phénomène tout différent dans ses résultats, l'union d'un combustible avec l'oxygène à la température ordinaire, la combustion lente du phosphore. Ainsi :

1° Le phosphore placé dans l'oxygène pur n'émet pas de lumière, ne brûle pas, ou s'il brûle, ce n'est qu'avec une excessive lenteur.

2° Le phosphore placé dans un mélange d'oxygène et d'air atmosphérique brûle en devenant lumineux.

3° Le phosphore placé dans de l'oxygène, mêlé soit à du gaz azote, soit à du gaz hydrogène, soit à du gaz acide carbonique, brûle en émettant de la lumière.

L'analogie peut être poussée plus loin.

Un cylindre de phosphore ne brûle pas, n'est pas phosphorescent dans le gaz oxygène pur à la pression de $0^m,76$, mais il devient lumineux, il brûle, aussitôt que cette pression tombe à 1 ou 2 décimètres de mercure. Le phosphore incombustible dans l'oxygène pur, maintenu à un certain degré de condensation, est combustible dans le même gaz raréfié (62).

Le 24 août 1864, on a exposé au soleil, pendant trente minutes, dans de l'acide carbonique pur, une petite feuille de laurier-rose dont la faible dimension était commandée par le diamètre de l'eudiomètre. La pression du gaz, à cause de la colonne déprimante de mercure, était de $0^m,17$. On a obtenu 1 centimètre cube d'oxygène; or, à la pression habituelle ($0^m,74$), une feuille semblable mise dans l'acide

(62) Bellani.

carbonique pur n'aurait certainement pas fourni, dans un espace de temps aussi limité, un volume appréciable d'oxygène ([63]).

Ainsi, il ne paraît pas invraisemblable que la dissociation des éléments de l'acide carbonique par les feuilles soit déterminée par les mêmes causes mécaniques qui favorisent, à la température ordinaire, l'association d'un combustible et de l'oxygène, la combustion lente du phosphore; à savoir : l'intervention de gaz inertes, ayant pour effet d'écarter, dans le premier cas les atomes d'acide carbonique, dans le second cas les atomes d'oxygène; gaz inertes agissant dans ces deux circonstances sur le gaz actif, comme le ferait une diminution de pression.

FACULTÉ DÉCOMPOSANTE DES FEUILLES; SA LIMITE.

La faculté que possèdent les parties vertes végétales de décomposer l'acide carbonique a nécessairement une limite; j'ai cherché à la fixer.

Expérience du 4 juillet 1865.

I. Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 89 centimètres carrés, cueillie à 8 heures du matin, a été exposée au soleil jusqu'à 4 heures dans une atmosphère formée de :

	cc
Air atmosphérique........................	53,5 ([64])
Acide carbonique........................	35,5
	89,0
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	89,4
Acide carbonique décomposé...............	35,5

$0^{cc},050$ par centimètre carré dans une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([63]) Gaz acide carbonique....	22,2	15,8	174,6	$0,760 = 4^{cc},8$
Après l'absorption de l'acide carbonique.......	8,0	16,6	107,9	$0,76 = 0^{cc},97$

Les $0^{cc},97$ étaient de l'oxygène presque pur.

Voir la Note ([64]) page 304.

II. Une feuille qui, étant fixée à la plante, a fonctionné au soleil pendant toute la journée, est-elle encore douée au même degré de la faculté décomposante qu'elle possédait le matin ?

Après le coucher du soleil, on a cueilli sur un laurier-rose une feuille semblable à celle employée dans l'expérience précédente. Cette feuille a été conservée à l'obscurité, le pédicule dans l'eau, jusqu'au lendemain 5 juillet qu'on l'a exposée au soleil de 8 heures à 4 heures dans :

Air atmosphérique	52,5 cc [65]
Acide carbonique	33,0
Total	85,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	85,7
Acide carbonique décomposé	33,0

$0^{cc},047$ par centimètre carré dans une heure.

La feuille, après avoir fonctionné sur l'arbuste pendant toute la journée du 4 juillet, n'avait donc pas perdu sa faculté décomposante.

En vue des recherches qui exigeraient que les feuilles détachées de la plante fussent conservées pendant un certain temps, j'ai dû me préoccuper des effets que produirait cette conservation sur la faculté qu'il s'agissait d'apprécier.

III. Une feuille de laurier-rose, d'une surface de 60 centimètres carrés, prise à 8 heures du matin, a été maintenue

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[64] Acide carbonique	47,3	15,8	603,0	35,48
CO^2 + air	102,0	16,2	702,8	89,01
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	101,9	16,8	708,0	89,40
[65] Acide carbonique	44,0	15,8	603,4	33,0
CO^2 + air	97,6	16,7	706,2	85,47
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	97,5	17,7	711,2	85,69

pendant vingt-quatre heures à l'ombre, pendant le jour, le pétiole étant plongé dans l'eau.

Le 5 juillet, la feuille a été exposée au soleil de 8 heures à 4 heures dans :

Air atmosphérique	57,1 cc [66]
Acide carbonique	34,4
Total	91,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	88,7
Acide carbonique restant	2,8
» ajouté	34,4
» décomposé	31,6

0^{cc},065 par centimètre carré dans une heure.

IV. Une feuille ayant une surface de 90 centimètres carrés, prise à 8 heures du matin, a été maintenue à l'obscurité, le pétiole dans l'eau, jusqu'au 5 juillet, et exposée au soleil de 8 heures à 4 heures dans :

Air atmosphérique	70,1 cc [67]
Acide carbonique	32,2
Total	102,3
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	102,6
Acide carbonique décomposé	32,2

0^{cc},045 par centimètre carré dans une heure.

V. Une feuille ayant une surface de 85 centimètres carrés, prise à 8 heures du matin, conservée à l'ombre dans un

	Volume. cc	Tempér. o	Pression. mm	Réduit. cc
[66] Acide carbonique	46,4	15,9	597,0	34,44
CO^2 + air	104,4	16,7	706,5	91,46
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	102,3	18,2	704,4	88,71
[67] Acide carbonique	44,7	16,2	579,1	32,15
CO^2 + air	114,7	16,9	719,5	102,25
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	114,5	17,7	725,5	102,62

petit volume d'air où elle est restée pendant la nuit jusqu'au 5 juillet; exposée au soleil de 8 heures à 4 heures dans :

Air atmosphérique	cc 60,0 [68]
Acide carbonique	32,1
Total	92,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	92,3
Acide carbonique décomposé	32,1

$0^{cc},047$ par centimètre carré dans une heure.

VI. Une autre feuille, surface 79 centimètres carrés, prise à 8 heures du matin, conservée à l'obscurité dans un volume d'air confiné jusqu'au 5 juillet; exposée au soleil de 8 heures à 4 heures dans :

Air atmosphérique	cc 67,5 [69]
Acide carbonique	31,3
Total	98,8
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	98,9
Acide carbonique décomposé	31,3

$0^{cc},045$ par centimètre carré dans une heure.

Expérience du 3 juillet 1865.

Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 56 centimètres carrés (les deux faces du limbe), cueillie le 29 juin à 7 heures du matin, a été conservée dans un volume limité

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[68] Acide carbonique	43,7	15,9	591,5	32,14
CO^2 + air	105,5	16,7	703,8	92,07
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	105,4	17,7	709,2	92,37
[69] Acide carbonique	45,9	15,9	548,9	31,31
CO^2 + air	116,7	16,7	682,9	98,82
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	116,3	17,7	687,4	98,79

d'air enfermé dans un flacon bouché. Le jour, le flacon était placé à la lumière.

Le 3 juillet, la feuille fut exposée au soleil depuis 7 heures du matin jusqu'à 5 heures du soir dans une atmosphère formée de :

	cc
Air atmosphérique	57,3 (70)
Acide carbonique	27,5
Total	84,8
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	81,5
Acide carbonique restant	3,3
Acide carbonique ajouté	27,5
Acide carbonique décomposé	24,2

0^{cc},045 par centimètre carré dans une heure.

Expérience du 21 juillet 1865.

I. Une feuille de laurier-rose, surface 78 centimètres carrés, que l'on conservait à l'obscurité, depuis le 9 juillet, dans un volume d'air limité renouvelé avec lenteur, a été exposée au soleil depuis 8 heures jusqu'à 3 heures. Cette feuille avait un bon aspect, rien n'indiquait qu'elle eût souffert; sa couleur avait conservé son intensité. Le mélange où on l'a placée contenait :

	cc
Air atmosphérique	45,5 (71)
Acide carbonique	40,2
Total	85,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	85,6
Acide carbonique restant	0,1
» ajouté	40,2
» décomposé	40,1

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(70) Acide carbonique	40,0	17,7	557,1	27,54
CO^2 + air	99,0	15,4	687,7	84,80
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	95,8	16,2	585,4	81,52

Voir la Note (71) page 308.

La feuille, après avoir passé douze fois vingt-quatre heures en un lieu obscur, dans un volume d'air fort restreint, mais constamment et lentement renouvelé, la température s'étant maintenue entre 20 et 25 degrés, n'avait pas perdu la faculté de décomposer le gaz acide carbonique ; cette faculté n'était même pas atténuée, puisqu'une surface de 1 centimètre carré en a décomposé en une heure $0^{cc},073$.

II. Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 114 centimètres carrés, cueillie depuis le 9 à 7 heures du matin, a été conservée dans un volume d'air limité que l'on renouvelait, et exposée tous les jours au soleil. L'extérieur du vase dans lequel elle était enfermée avait été enduit de blanc d'Espagne pour la protéger contre une trop forte insolation. Malgré cette précaution, et en raison de la température acquise par l'air confiné, dont le renouvellement avait lieu avec lenteur, il y avait eu de l'eau condensée dans le flacon. La feuille avait néanmoins conservé une belle couleur verte. On l'a exposée de 8 heures à 3 heures dans :

Air atmosphérique	cc 64,7	(72)
Acide carbonique	19,3	
Total	84,0	
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	82,8	
Acide carbonique restant	1,2	
» ajouté	19,3	
» décomposé	18,1	

$0^{cc},03$ par centimètre carré en une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(71) Acide carbonique	57,6	23,4	576,2	40,20
CO^2 + air	101,7	24,6	698,3	85,72
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	99,7	22,4	706,2	85,62
(72) Acide carbonique	29,3	23,4	544,3	19,33
CO^2 + air	102,7	24,6	677,3	83,96
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	99,6	22,4	683,3	82,76

En douze jours, la feuille n'avait pas perdu sa faculté décomposante; il est vraisemblable cependant que cette faculté avait diminué.

Ainsi, une feuille détachée de la plante, maintenue pendant vingt-quatre heures à l'air libre, le pétiole dans l'eau, ou dans un volume limité d'air atmosphérique, soit au soleil, soit à l'ombre, soit à l'obscurité, ne perdrait pas la faculté de décomposer l'acide carbonique. Mais comme les feuilles ont décomposé à peu près la totalité de l'acide carbonique dont leur atmosphère était pourvue, ces expériences ne prouvent pas que cette faculté n'ait pas été atténuée; elles ne donnent pas la limite du pouvoir décomposant; on jugea nécessaire de les modifier.

Expérience du 9 juillet 1865.

Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de $73^{cq},5$, a été exposée au soleil de $7^h\,30^m$ à 5 heures dans :

	cc
Air atmosphérique	58,5 (73)
Acide carbonique	33,9
Total	92,4
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	92,6
Acide carbonique décomposé	33,9

$0^{cc},048$ par centimètre carré dans une heure.

Je vais montrer que la faculté décomposante n'était pas épuisée. Le 10 juillet, la même feuille, que l'on avait conservée pendant la nuit dans un petit volume d'air, a été exposée au soleil pendant neuf heures, de 8 heures du

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(73) Acide carbonique	46,9	20,4	590,8	33,92
CO^2 + air	107,7	20,9	701,6	92,35
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	107,9	21,6	704,8	92,73

matin à 5 heures du soir, dans :

Air atmosphérique	cc 53,8	(74)
Acide carbonique	36,5	
Total	90,3	
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	68,8	
Acide carbonique restant	21,5	
» ajouté	36,5	
» décomposé	15,0	
Le 9 juillet	33,9	
Total de l'acide décomposé	48,9	

Comme la surface de la feuille, les deux côtés du limbe, était de 73cq,5, chaque centimètre carré avait décomposé 0cc,036 d'acide carbonique par heure pendant la durée des deux observations (18h 30m). Durant l'observation du 10 juillet, le volume du gaz acide carbonique décomposé par centimètre carré dans une heure n'a plus été que 0cc,023.

EXPÉRIENCE DU 10 JUILLET 1865.

Une feuille de laurier-rose cueillie après le coucher du soleil a été conservée pendant la nuit, à l'air libre, le pétiole dans l'eau. Cette feuille, ayant une surface de 78 centimètres carrés, a été exposée au soleil le 11 juillet, de 8 heures à 5 heures, dans :

Air atmosphérique	cc 57,5	(75)
Acide carbonique	34,8	
Total	92,3	
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	92,8	
Acide carbonique décomposé	34,8	

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(74) Acide carbonique	49,3	20,4	605,5	36,55
CO^2 + air	105,7	20,6	698,4	90,32
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	84,7	21,0	664,7	68,79

Voir la Note (75) page 311.

La même feuille, après avoir passé la nuit dans un petit volume d'air renouvelé, a été exposée au soleil le 12 juillet, de 8 heures à 5 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	67,8 (76)
Acide carbonique	25,2
Total	93,0
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	67,5
Acide carbonique restant	25,5
» ajouté	25,2
» décomposé	0,0

La faculté décomposante aurait donc été épuisée dans l'exposition du 11 juillet. 1 centimètre carré de feuille avait décomposé en une heure $0^{cc},050$ de gaz acide carbonique.

Expérience du 9 juillet 1865.

I. Une feuille de laurier-rose, surface $85^{cq},5$, cueillie à 8 heures du matin, a été mise dans un flacon plein d'air qu'on a placé au soleil pendant toute la journée, après l'avoir bouché. Le 10 juillet, la feuille a été retirée du flacon dans lequel elle avait passé la nuit, et exposée au soleil depuis 8 heures jusqu'à 5 heures dans :

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(75) Acide carbonique	48,9	21,0	582,3	34,79
CO^2 + air	107,5	19,4	698,8	92,29
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	107,5	19,9	703,8	92,79
(76) Acide carbonique	36,2	19,6	567,9	25,24
CO^2 + air	107,6	18,5	701,6	93,03
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	82,8	19,1	662,6	67,48

Air atmosphérique	cc 61,8 (77)
Acide carbonique	34,2
Total	96,0
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	95,2
Acide carbonique restant	0,8
» ajouté	34,2
» décomposé	33,4

0cc,043 par centimètre carré, dans une heure.

La feuille, après avoir passé la nuit dans un petit volume d'air, a été exposée au soleil, le 11 juillet, de midi à 7 heures, dans :

Air atmosphérique	cc 54,9 (78)
Acide carbonique	30,6
Total	85,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	58,3
Acide carbonique restant	27,2
» ajouté	30,6
» décomposé	3,4
Le 10 juillet	33,4
Total	36,8

La décomposition de l'acide carbonique a été insignifiante; la faculté avait été épuisée le 10 juillet.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(77) Acide carbonique	51,0	21,0	548,6	34,19
CO^2 + air	116,1	20,6	675,2	96,00
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	114,9	21,0	678,4	95,24
(78) Acide carbonique	46,2	21,0	542,6	30,63
CO^2 + air	102,0	19,4	682,4	85,51
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	76,3	19,9	623,2	58,32

La feuille, dont la surface était de 85^{cq},5, a décomposé 36^{cc},8 de gaz acide carbonique.

II. Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 92 centimètres carrés, a été cueillie à 8 heures et maintenue à l'air libre, au soleil, le pétiole dans l'eau; on l'a laissée dans la même situation pendant la nuit. Le 10 juillet, on l'a exposée au soleil, de 8 heures à 5 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	47,5 (79)
Acide carbonique	34,6
Total	82,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	80,8
Acide carbonique restant	1,3
» ajouté	34,6
» décomposé	33,3

0^{cc},040 par centimètre carré dans une heure.

Le 11 juillet, la même feuille a été exposée au soleil de 8 heures à 5 heures dans :

	cc
Air atmosphérique	52,4 (80)
Acide carbonique	25,2
Total	77,6
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	68,1
Acide carbonique restant	9,5
» ajouté	25,5
» décomposé	15,7
Le 10 juillet	33,3
Total	49,0

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(79) Acide carbonique	46,9	20,4	602,6	34,60
CO^2 + air	96,4	20,6	696,1	82,10
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	94,6	21,0	698,8	80,77

Voir la Note (80) page 314.

Dans la seconde journée, l'acide carbonique décomposé par centimètre carré, en une heure, n'a plus été que $0^{cc},019$.

Expérience du 14 juillet 1865.

I. Une feuille de laurier-rose, surface 88 centimètres carrés, cueillie à 8 heures du matin le 10 juillet, a été mise dans un volume d'air (200 centimètres cubes) confiné dans un flacon, et maintenue à l'obscurité jusqu'au 14 juillet, qu'on l'a exposée au soleil, de 9 heures à 6 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	56,6 (81)
Acide carbonique	33,7
Total	90,3
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	90,4
Acide carbonique décomposé	33,7

$0^{cc},043$ par centimètre carré en une heure.

La feuille, conservée pendant la nuit dans de l'air confiné, a été exposée au soleil, le 15 juillet, de 9 heures à 6 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	61,5 (82)
Acide carbonique	28,4
Total	89,9
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	85,2
Acide carbonique restant	4,7
» ajouté	28,4
» décomposé	23,7

$0^{cc},030$ par centimètre carré en une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(80) Acide carbonique	33,1	21,0	623,0	25,20
CO^2 + air	88,8	19,4	711,0	77,56
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	79,3	19,9	699,8	68,06

Voir les Notes (81) et (82) page 315.

La feuille, conservée la nuit dans de l'air confiné, a été exposée au soleil, le 16 juillet, de 8 heures à 5 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique....................	60,8 (83)
Acide carbonique....................	33,9
Total..............................	94,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	70,1
Acide carbonique restant.................	24,6
» ajouté..................	33,9
» décomposé...............	9,3
Acide carbonique décomposé le 14 et le 15....	57,4
Total..............................	66,7

Ainsi, avec une surface de 88 centimètres carrés, la feuille a décomposé près de 67 centimètres cubes de gaz acide carbonique.

Le 16 juillet, la faculté décomposante de la feuille avait beaucoup diminué, puisque, en neuf heures, le volume de l'acide carbonique disparu n'a été que de $9^{cc},3$, soit par centimètre carré, en une heure, $0^{cc},012$.

II. Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(81) Acide carbonique.......	45,9	17,7	593,7	33,67
CO^2 + air..............	104,6	18,2	701,0	90,27
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	105,0	19,6	701,3	90,40
(82) Acide carbonique.......	42,9	18,6	537,8	28,42
CO^2 + air..............	105,6	20,0	694,3	89,89
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	101,9	21,2	685,0	85,20
(83) Acide carbonique......	46,2	17,7	594,6	33,95
CO + air...............	110,5	22,4	704,7	94,70
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	86,4	22,4	667,2	70,10

46cq,4, cueillie à 9 heures, a été exposée au soleil jusqu'à 6 heures dans :

Air atmosphérique	cc 62,4 (84)
Acide carbonique	32,1
Total	94,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	87,8
Acide carbonique restant	6,7
» ajouté	32,1
» décomposé	25,4

Par centimètre carré, en une heure, $0^{cc},06$.

La feuille gardée pendant la nuit dans un volume limité d'air a été exposée au soleil le 15 juillet, de 9 heures à 6 heures, dans :

Air atmosphérique	cc 54,8 (85)
Acide carbonique	33,0
Total	87,8
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	55,7
Acide carbonique restant	32,1
» ajouté	33,0
» décomposé	0,9
Le 14 juillet	26,4
Total	27,3

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(84) Acide carbonique	43,7	17,7	593,9	32,07
CO^2 + air	107,7	18,2	712,6	94,48
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	101,7	19,6	702,9	87,76
(85) Acide carbonique	46,1	18,6	580,9	33,00
CO^2 + air	103,2	20,0	694,2	87,83
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	71,8	21,2	635,0	55,65

Le 14 juillet, la feuille avait perdu la faculté de décomposer le gaz acide carbonique.

Les dernières expériences, en montrant, dans les circonstances où j'ai observé, la limite de cette faculté, indiquent en outre que les conditions diverses dans lesquelles les feuilles ont été conservées après avoir été détachées de la plante n'ont pas eu d'influence bien prononcée. On remarquera toutefois que la plus essentielle de ces conditions a été d'empêcher les feuilles de se dessécher sans les priver de l'oxygène dont elles ont besoin pour vivre dans un lieu obscur. J'ai en effet reconnu depuis que les feuilles placées à l'air libre, soit à l'obscurité, à l'ombre ou au soleil, sans prendre les précautions indiquées, perdent graduellement, avec l'eau qui en émane, la propriété de décomposer le gaz acide carbonique.

EFFETS DE LA DESSICCATION SUR LA FACULTÉ DÉCOMPOSANTE DES FEUILLES.

J'étais fondé à croire que des feuilles desséchées et saines occasionnaient encore un dégagement de gaz oxygène quand elles étaient submergées, à la lumière, dans de l'eau chargée d'acide carbonique ([86]); je pensais qu'il arriverait pour la cellule végétale ce qui a lieu pour des animaux d'un ordre inférieur, les Tardigrades, les Rotifères, dont la vie suspendue par une dessiccation ménagée mais absolue, on le prétend du moins, est remise en activité lorsque l'on restitue à leur organisme l'eau dont il avait été privé. Ma conviction était telle à cet égard, que je m'étais proposé de rechercher jusqu'à quelle limite la faculté décomposante des feuilles pouvait être atténuée par suite de leur dessiccation. Mon savant ami M. Decaisne, en raison de l'intérêt que devait présenter cette recherche, mit généreusement à ma disposition quelques plantes choisies dans

([86]) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, t. III, p. 57.

les herbiers du Muséum, et, comme il n'ignorait pas que mes expériences avaient été faites en grande partie sur les *laurus*, il eut l'attention de me procurer une feuille de laurier-cerise dans l'herbier de Vaillant où elle était déposée depuis plus d'un siècle. Au mois de juin dernier, j'ai pu me convaincre que, contre ma prévision, les feuilles sèches, bien qu'ayant conservé la couleur verte, ne fonctionnaient plus dans l'eau chargée d'acide carbonique, ou, après les avoir humectées, dans une atmosphère pourvue de ce gaz ([87]). J'eus alors l'occasion de reconnaître que les feuilles une fois desséchées ne reprennent plus leur eau constitutive, soit qu'on procède par voie d'imbibition, soit que les feuilles restent pendant un certain temps dans une atmosphère tempérée saturée de vapeur aqueuse, et je vis, comme je l'ai dit, les feuilles perdre leur faculté décomposante à mesure qu'elles abandonnaient de l'eau par la dessiccation. J'ai fait sur ce sujet de nombreuses observations : je me bornerai à en rapporter quelques-unes.

Expérience du 17 aout 1865.

Des feuilles de laurier-rose pesant chacune 0gr,85, ayant une surface de 34 centimètres carrés, ont été suspendues à l'air libre dans un séchoir.

Une de ces feuilles, que l'on avait desséchée à l'étuve, a donné :

	gr	Pour 100.
Matières sèches..............	0,25	29,4
Eau et matières volatiles........	0,60	70,6
Total..................	0,85	100,0

Une des feuilles prise à l'état normal comme terme de

([87]) Les feuilles employées avaient été séchées à l'ombre; elles provenaient du platane, du marronnier, du laurier-cerise. D'autres feuilles, conservées dans un herbier pendant une dizaine d'années, appartenaient à une vingtaine d'espèces.

comparaison a été exposée au soleil, de 9 heures à 4 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	72,2 [88]
Acide carbonique	25,9
Total	98,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	89,1
Acide carbonique restant	9,0
» ajouté	25,9
» décomposé	16,9
	gr
Le 22, une feuille prise dans le séchoir pesait	0,615
Eau perdue	0,235
Total	0,850
Eau retenue	0,365

On l'a exposée au soleil, de 9 heures à 4 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	61,0 [89]
Acide carbonique	23,6
Total	84,0
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	71,8
Acide carbonique restant	12,8
» ajouté	23,6
» décomposé	10,8
	gr
Le 28, une feuille prise dans le séchoir pesait	0,54
Eau perdue	0,31
Total	0,85
Eau retenue	0,29

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(88) Acide carbonique	36,9	20,1	573,6	25,94
CO^2 + air	110,6	17,6	717,7	98,12
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	102,0	18,0	707,6	89,10
(89) Acide carbonique	33,15	20,1	579,7	23,56
CO^2 + air	96,4	17,6	709,5	84,55
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	84,0	18,0	691,7	71,75

On l'a exposée au soleil, de 9 heures à 4 heures, après l'avoir humectée, dans :

Air atmosphérique	cc 60,2 (90)
Acide carbonique	22,4
Total	82,6
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	63,1
Acide carbonique restant	19,5
» ajouté	22,4
» décomposé	2,9

La dessiccation à l'air libre, dans le séchoir, ne s'opérant plus que très-lentement, on eut recours à l'extricateur, l'atmosphère étant en contact avec de la chaux vive. Les feuilles desséchées par ce moyen devenaient cassantes comme du verre. Une feuille presque complétement sèche, puisqu'elle ne pesait plus que $0^{gr},26$, laissée pendant douze heures dans de l'eau, n'a pas absorbé plus de $0^{gr},09$ d'humidité; cependant elle était devenue flexible. Exposée au soleil, de 9 heures à 4 heures, dans :

Air atmosphérique	cc 60,7 (91)
Acide carbonique	24,7
Total	85,4
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	60,0
Acide carbonique restant	25,4
» ajouté	24,7
» excédant	0,7

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(90) Acide carbonique	31,8	19,8	574,6	22,42
CO^2 + air	95,2	19,0	705,0	82,57
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	76,0	18,7	674,3	63,12
(91) Acide carbonique	35,0	20,1	576,1	24,74
CO^2 + air	97,4	19,0	712,4	85,36
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	72,8	18,7	669,6	60,03

Cette apparition d'une faible quantité d'acide carbonique a eu lieu dans plusieurs circonstances analogues.

En résumant cette expérience, on a pour des feuilles similaires, à des états plus ou moins avancés de dessiccation :

	Eau retenue.	Acide carbonique décomposé total.	par cent. carré en 1 h.
	gr	cc	cc
Feuille normale.......	0,60	15,9	0,071
Dessiccation commencée.	0,365	10,8	0,045
Dessiccation avancée....	0,29	2,9	0,012
Dessiccation absolue....	0,00	0,0	0,000

On pouvait craindre que pendant leur dessiccation à l'air libre, même à l'ombre, les feuilles n'aient épuisé leur faculté décomposante en l'exerçant sur le gaz acide carbonique de l'atmosphère. Cette crainte cessait en opérant la dessiccation dans l'extricateur, puisque le volume d'air fort limité où les feuilles se trouvaient reposait sur de la chaux vive.

Expérience du 17 juillet 1865.

Une feuille de laurier-rose, devenue cassante, d'un vert pâle, placée entre des papiers mouillés, a repris sa flexibilité. On l'a exposée au soleil, depuis 7 heures jusqu'à 5 heures, dans :

	cc
Air atmosphérique........................	57,8 (92)
Acide carbonique........................	31,9
Total............................	89,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	56,7
Acide carbonique restant..................	33,0
» ajouté..................	31,9
» excédant..................	1,1

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(92) Acide carbonique... ...	43,0	17,7	599,6	31,86
CO^2 + air.............	105,0	22,4	702,2	89,66
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	72,0	22,4	647,6	56,70

En dix-sept heures, il y a eu production de 1 centimètre cube de gaz acide carbonique.

Expérience du 29 aout 1865.

Six feuilles de rosier desséchées dans l'extricateur pesaient.	0,61 gr
Maintenues sous une cloche dans laquelle de l'air atmosphérique était saturé de vapeur aqueuse, à la température de 22 à 23 degrés, leur poids s'est élevé à.....	0,87
Eau absorbée..........................	0,26

Les feuilles étaient souples et d'un beau vert; on les a exposées à la lumière de 9 heures à 5 heures dans :

Air atmosphérique........................	77,2 cc (93)
Acide carbonique..........................	25,3
Total..................................	102,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	73,5
Acide carbonique restant..................	29,0
» ajouté..................	25,3
» excédant..................	3,7

En huit heures, il y a eu formation de près de 4 centimètres cubes de gaz acide carbonique. Dans des expériences sembables, faites avec le pêcher, le thuya, les feuilles sèches, après avoir été humectées, n'ont pas décomposé l'acide carbonique, et constamment il y a eu apparition d'un faible volume de ce gaz.

L'atténuation et même la disparition de la faculté décomposante dans les feuilles par l'effet de leur dessiccation est évidente. Une lettre que M. Jodin m'adressait le 21 sep-

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(93) Acide carbonique.......	36,0	19,8	572,6	25,35
CO^2 + air...............	116,5	19,0	716,6	102,55
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	88,0	18,7	678,0	73,48

tembre m'apprit que ce jeune et habile observateur, dans un travail qu'il poursuivait sur la matière verte des végétaux, avait été conduit à des résultats conformes à ceux que je viens de faire connaître. M. Jodin admettait aussi que les parties vertes ne jouissent de leurs fonctions qu'à la faveur d'une forte proportion d'eau existant normalement dans leurs tissus, et que l'enlèvement de cette eau physiologique abolit sans retour l'exercice de ces fonctions; que la feuille verte en étant desséchée au delà d'une certaine limite perd la propriété de décomposer l'acide carbonique, et qu'elle ne retrouve pas cette propriété lorsqu'on parvient à restituer à son tissu, au moins en partie, l'eau qu'elle avait perdue préalablement. Ainsi, le 9 août, une feuille de rosier de Chine pesant $0^{gr},411$ n'a plus pesé que $0^{gr},203$ après dessiccation entre des papiers buvards. Humectée par imbibition, elle n'a repris que $0^{gr},088$ d'eau.

Exposée au soleil pendant six heures dans un mélange d'air et d'acide carbonique, on a eu, après l'exposition :

	Feuille sèche.	Pour 100.
CO^2	10,35	35,11
O	3,58	12,15
Az.	15,55	52,74
	29,48	100,00

composition qui semblerait indiquer une légère diminution dans la proportion normale de l'oxygène. Une feuille fraîche, placée dans les mêmes conditions, produisit 8,9 d'oxygène.

La cellule végétale offrirait donc un contraste frappant avec la cellule animale, puisque les infusoires devenus immobiles par la dessiccation reviendraient de l'état d'inertie à l'état de mouvement par l'humectation. Toutefois, M. Ehrenberg croit que, malgré tous les moyens d'absorption, quelque reste d'humidité organique pourrait bien encore persister dans l'animalcule. Pour la cellule des

feuilles le doute n'est pas permis : une fois desséchée, sa vitalité est éteinte à tout jamais, il n'y a pas d'existence latente, et c'est alors que l'on peut dire, avec le grand naturaliste de Berlin, que la mort n'est pas la suspension, mais l'absence de la vie même.

Dans mon opinion, la feuille que l'on dessèche meurt parce qu'elle cesse de respirer; et l'on verra qu'il est possible de la tuer en suspendant sa respiration pendant quelque temps, et cela sans que la cellule soit altérée, sans que l'eau de son organisme soit éliminée, sans que la chromule qui la colore soit sensiblement modifiée. C'est ce que j'appelle l'asphyxie des feuilles.

RESPIRATION DES FEUILLES.

Les feuilles, dans l'obscurité, forment avec l'oxygène de l'air du gaz acide carbonique qui se mêle, pour la plus grande partie, à l'atmosphère ambiante si leur parenchyme n'est ni assez épais ni assez aqueux pour le retenir. Avec les plantes grasses, les cactus, les agaves, le volume de l'acide carbonique libre est inférieur à celui de l'oxygène que l'on ne retrouve plus dans l'air. Cela tient, ainsi que de Saussure l'a montré, à ce que cet oxygène, uni au carbone, est fixé momentanément dans le tissu végétal. C'est par le fait une dissolution d'acide carbonique que la lumière du soleil détruit en restituant le carbone à la plante et l'oxygène à l'atmosphère. Ayant déterminé ce qu'une surface donnée de feuilles émet d'oxygène à la lumière sous l'influence d'acide carbonique et de l'eau, j'ai dû chercher ce qu'une même surface de feuilles produirait de gaz acide carbonique dans l'obscurité.

Expérience du 2 juillet 1864.

Feuille de laurier-cerise dans l'air à l'obscurité. — Une feuille pesant $2^{gr},0$, ayant une surface de 100 centimètres

carrés, est restée à l'obscurité depuis 9 heures du matin jusqu'à 1 heure après midi.

	Air.	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	84,58 (94)	0,00	17,73	66,85
Après l'exposition..	84,93	1,57	16,42	66,94
Différences....	+0,35	+1,57	−1,31	+0,09

En quatre heures, à l'obscurité, la feuille a fait disparaître 1^{cc},3 de gaz oxygène remplacé par 1^{cc},57 de gaz acide carbonique. C'est une production de 0^{cc},004 d'acide carbonique par centimètre carré dans une heure.

Expérience du 28 juillet 1865.

Des feuilles de laurier-rose, ayant ensemble une surface de 191 centimètres carrés, sont restées dans de l'air atmosphérique, en un lieu obscur, pendant trente et une heures, à la température de 22 degrés.

	Air.	CO^2	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,3 (95)	0,0	18,3	69,0
Après l'exposition..	90,3	19,6	0,0	70,7
Différences....	+3,0	+19,6	−18,3	+1,7

En trente et une heures, ces feuilles ont consommé 18^{cc},3

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(94) Air atmosphérique.... .	98,3	14,2	687,9	84,58
Après exposition........	99,7	14,1	680,8	84,93
Après KaO........ ...	97,3	15,35	687,8	83,36
Après phosphore........	81,5	14,7	657,8	66,94
(95) Air atmosphérique......	102,9	21,6	695,4	87,25
Après l'exposition......	105,5	21,8	700,0	90,00
Après phosphore..... .	106,0	22,0	699,4	90,28
Après l'absorption de l'acide carbonique.	85,0	21,9	668,4	70,66

Dans la prévision de la présence d'un gaz combustible de nature à paralyser l'action absorbante du phosphore sur l'oxygène, l'on a passé dans la cloche du pyrogallate; il n'y avait pas trace d'oxygène dans le résidu.

de gaz oxygène, en produisant 19^{cc},6 de gaz acide carbonique. La totalité de l'oxygène avait disparu. Cette circonstance, jointe à un accroissement de volume anormal, fait présumer qu'il y avait eu un commencement d'altération.

1 centimètre carré de surface de feuille a formé, en une heure, 00^{cc},003 de gaz acide carbonique.

EXPÉRIENCE DU 31 JUILLET 1865.

Une feuille de laurier-rose de 80 centimètres carrés a été placée dans l'air, à l'obscurité, pendant vingt-quatre heures, à la température de 22 degrés.

	Air.	CO^2	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	85,8 (96)	0,0	18,0	67,8
Après l'exposition..	85,5	8,1	9,6	67,8
Différences....	−0,3	+8,1	−8,4	0,0

En vingt-quatre heures, la feuille avait formé 8^{cc},1 d'acide carbonique, en faisant disparaître 8^{cc},4 d'oxygène.

1 centimètre carré de surface de la feuille avait produit, en une heure, 0^{cc},004 de gaz acide carbonique.

EXPÉRIENCE DU 21 AOUT 1864.

Une feuille de laurier-rose pesant 1^{gr},13, d'une surface de 44 centimètres carrés, a été mise à l'obscurité dans de l'air atmosphérique, où elle est restée depuis 1 heure de l'après-midi jusqu'à 9 heures du matin du jour suivant. La température était de 18 degrés.

---

(96)

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
Air atmosphérique......	99,9	21,7	704,5	85,77
Après l'exposition.......	99,9	21,2	701,5	85,54
Après phosphore........	90,1	19,2	685,6	75,91
Après l'absorption de l'acide carbonique.......	81,2	18,5	675,8	67,80

	Air.	CO²	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	50,3 (97)	0,0	10,5	39,8
Après l'exposition..	50,1	2,6	7,7	39,8
Différences....	−0,2	+2,6	−2,8	0,0

En vingt heures, la feuille a produit 2^cc^,6 d'acide carbonique.

1 centimètre carré de surface de feuille a donné, en une heure, 0^cc^,003 de gaz acide carbonique.

Expérience du 10 septembre 1865.

Une feuille attenant à l'extrémité d'une branche de laurier-rose a été introduite, par les moyens et avec les précautions déjà mentionnés, dans une cloche contenant de l'air et placée sur la cuve à mercure.

La feuille, d'une surface de 88 centimètres carrés, est restée dans la cloche depuis 7 heures du soir jusqu'au lendemain 6 heures du matin.

L'appareil était recouvert d'un drap noir.

	Air.	CO²	Oxygène.	Azote.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	90,7 (98)	0,0	19,0	71,7
Après l'exposition..	91,8	1,8	17,0	73,0
Différences....	+1,1	+1,8	−2,0	+1,3

En onze heures, la feuille a formé 1^cc^,8 d'acide carbonique en consommant 2 centimètres cubes d'oxygène. Il y a eu apparition de 1 centimètre cube de gaz azote.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(97) Air atmosphérique......	64,7	18,15	630,1	50,30
Après l'exposition......	64,6	17,4	626,6	50,05
Après l'absorption de l'acide carbonique.......	61,15	17,9	628,7	47,47

L'oxygène a été déduit par différence.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(98) Air atmosphérique......	103,7	21,4	716,6	90,68
Après l'exposition.......	105,8	21,2	711,2	91,84
Après phosphore........	88,0	21,1	696,0	74,81
Après l'absorption de l'acide carbonique......	85,0	19,9	700,5	73,03

On a, pour une surface de feuille de 1 centimètre carré, dans une heure, une production de $0^{cc},002$ de gaz acide carbonique.

Dans l'obscurité comme à la lumière, une feuille attenant à la plante en pleine terre s'est comportée comme une feuille détachée de l'arbuste.

Comme on devait le prévoir, à surfaces égales, dans des temps égaux, une feuille à la lumière décompose beaucoup plus d'acide carbonique qu'elle n'en forme dans l'obscurité. La différence est considérable. Dans trente et une expériences faites entre le mois de mai et le mois d'octobre, dans les circonstances les plus favorables, en fonctionnant entre 8 heures et 5 heures dans des atmosphères riches en acide carbonique, 1 décimètre carré de feuille a décomposé en une heure, en moyenne, $5^{cc},28$ de ce gaz.

Dans l'air, à l'obscurité, les cinq expériences dont je viens de présenter les résultats établiraient que les mêmes feuilles, par décimètre carré de surface et en une heure, produisent, aux dépens de leur carbone constitutionnel, $0^{cc},33$ de gaz acide carbonique en faisant disparaître $0^{cc},34$ de gaz oxygène.

En voici le résumé :

	Par décimètre carré de surface de feuilles.	
	Acide carbonique apparu.	Oxygène disparu.
	cc	cc
2 juillet 1864........	0,39	0,33
21 août 1864..........	0,30	0,32
28 juillet 1865.........	0,33	0,31
31 juillet 1865.........	0,42	0,44
10 septembre 1865......	0,20	0,21

Si l'on suppose que les mêmes feuilles fonctionnent à l'équinoxe dans des conditions de milieu, de température, de lumière identiques à celles où j'ai observé, on arrive à cette conséquence, que 1 mètre carré de surface verte, comprenant les deux côtés du limbe, décomposerait en

douze heures de jour 6336 centimètres cubes de gaz acide carbonique, et produirait en douze heures de nuit 396 centimètres cubes de gaz acide carbonique ([99]).

DE L'ASPHYXIE DES FEUILLES.

Les feuilles placées au soleil, dans du gaz acide carbonique pur, finissent, ainsi que je l'ai montré, par se constituer une atmosphère respirable. Il n'en est plus ainsi en l'absence de la lumière : après un laps de temps plus ou moins long, les feuilles perdent leur faculté décomposante, et, malgré l'apparence de santé que leur donnent la fermeté du tissu et l'intensité de la couleur verte, elles sont mortes.

Expérience du 26 juin 1865.

I. Une feuille de laurier-cerise, ayant une surface de 72 centimètres carrés, cueillie à 9 heures, a été exposée au soleil jusqu'à 3 heures dans :

	cc
Air atmosphérique	56,7 ([100])
Acide carbonique	28,9
Total	85,6
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	75,4
Acide carbonique restant	10,2
» ajouté	28,9
» décomposé	18,7

([99]) Le sens de la différence entre l'acide carbonique décomposé par les feuilles pendant le jour et le gaz acide carbonique formé par la même surface de feuilles pendant la nuit, a été établi, je crois, pour la première fois, dans une expérience exécutée en 1840, sur une vigne en pleine terre dont un rameau pénétrait dans un grand ballon de verre à trois tubulures, mis en relation avec un système d'appareil disposé pour doser avec une grande exactitude l'acide carbonique de l'atmosphère. Cette expérience a été décrite dans la première édition de mon *Économie rurale*, publiée en 1841; les résultats sont reproduits dans la 2e édition du même ouvrage, t. I, p. 61. Il y a quelques années, MM. Vogel et Witwer ont trouvé qu'une plante absorbant pendant le jour 24 centimètres cubes de gaz acide carbonique, en produisait, la nuit, 2 centimètres cubes, les 8 centièmes de l'acide décomposé à la lumière. Mes expériences donneraient les 6 centièmes.

Voir la Note ([100]) page 330.

II. Une feuille similaire, cueillie le 25 à 9 heures du matin, conservée à l'obscurité dans du gaz acide carbonique jusqu'au 26 à 9 heures du matin, a été exposée ensuite au soleil jusqu'à 3 heures dans :

	cc
Air atmosphérique	69,9 (101)
Acide carbonique	29,5
Total	99,4
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	71,4
Acide carbonique restant	28,0
» ajouté	29,5
» décomposé	1,5

La faculté décomposante avait été presque entièrement détruite.

Expérience du 16 juillet 1865.

Une feuille de laurier, surface 58 centimètres carrés, après être restée dans l'acide carbonique, à l'obscurité, pendant soixante-douze heures, a été exposée au soleil durant neuf heures dans :

	cc
Air atmosphérique	61,9 (102)
Acide carbonique	31,7
Total	93,6
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	60,0
Acide carbonique restant	33,6
» ajouté	31,7
» en excès	1,9

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(100) Acide carbonique	41,2	19,2	571,4	28,94
CO^2 + air	101,0	18,9	688,9	85,63
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	90,8	17,7	676,8	75,36

Voir les Notes (101) et (102) page 331.

La faculté décomposante avait été complétement détruite. Il y avait eu production de 2 centimètres cubes d'acide carbonique.

EXPÉRIENCE DU 28 AOUT 1865.

Deux feuilles de laurier-rose, ayant chacune 104 centimètres carrés, cueillies le 9 août à 9 heures du matin, ont été mises dans une éprouvette contenant 120 centimètres cubes d'air atmosphérique, et fermée avec un liége. Les feuilles sont restées en cet état, à l'obscurité, jusqu'au 28, dans un lieu dont la température s'est maintenue entre 16 et 17 degrés. Les feuilles sorties de l'éprouvette, on a reconnu qu'il n'y avait plus trace d'oxygène dans l'air où elles avaient été confinées.

Le 28, une des feuilles a été exposée au soleil de 9 heures à 5 heures dans :

	cc
Air atmosphérique	67,8 ([103])
Acide carbonique	24,7
Total	92,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	67,1
Acide carbonique restant	25,4
» ajouté	24,7
» trouvé en excès	0,7

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([101]) Acide carbonique	44,0	19,2	545,2	29,49
CO^2 + air	118,2	18,9	683,6	99,44
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	89,93	17,7	642,6	71,41
([102]) Acide carbonique	46,6	18,6	551,5	31,66
CO^2 + air	115,0	22,4	669,1	93,57
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	80,0	22,4	616,5	59,98
([103]) Acide carbonique	35,0	19,8	575,8	24,72
CO^2 + air	105,8	19,0	710,7	92,50
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	87,0	18,7	671,1	67,10

En raison de leur grande surface et du volume d'air limité dans lequel les deux feuilles étaient renfermées, il est hors de doute qu'elles avaient passé plusieurs jours dans une atmosphère privée d'oxygène. Leur faculté décomposante était perdue. Il y avait eu production d'acide carbonique.

EXPÉRIENCE DU 30 SEPTEMBRE 1865.

Une feuille de laurier-rose de 58 centimètres carrés, après avoir passé quarante-huit heures à l'obscurité dans du gaz acide carbonique, a été exposée au soleil pendant cinq heures dans :

Air atmosphérique	68cc,1 (104)
Acide carbonique	24,4
Total	92,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	70,8
Acide carbonique restant	21,7
» ajouté	24,4
» décomposé	2,7

EXPÉRIENCE DU 15 JUILLET 1865.

Une feuille de laurier-rose de 56 centimètres carrés, exposée au soleil dans un mélange d'air atmosphérique et d'acide carbonique, a décomposé en neuf heures 27cc,2 de gaz acide carbonique.

Une feuille similaire cueillie en même temps a été laissée à l'obscurité, dans du gaz hydrogène, pendant vingt-quatre heures. Température, 22 à 23 degrés.

---

(104)

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
Acide carbonique	35,.	18,0	562,5	24,40
CO^2 + air	107,0	18,2	702,0	92,5
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	86,1	18,0	666,3	70,8

Exposée ensuite au soleil, pendant neuf heures, dans :

	cc
Air atmosphérique	56,1 (105)
Acide carbonique	27,2
Total	83,3
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	66,0
Acide carbonique restant	17,3
» ajouté	27,2
» décomposé	9,9

Après avoir passé vingt-quatre heures dans le gaz hydrogène, la faculté décomposante de la feuille avait beaucoup diminué.

Expérience du 19 juillet 1865.

Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 56 centimètres carrés, après avoir passé quatre-vingt-quatre heures dans du gaz hydrogène, à l'obscurité, à une température de 22 à 23 degrés, a été exposée au soleil dans :

	cc
Air atmosphérique	52,3 (106)
Acide carbonique	34,9
Total	87,2
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	52,1
Acide carbonique restant	35,1

Il n'y a pas eu d'acide carbonique décomposé.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(105) Acide carbonique	35,1	18,0	629,9	27,24
CO^2 + air	94,4	20,0	719,7	83,30
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	77,2	21,2	700,2	65,98
(106) Acide carbonique	48,9	23,2	588,5	34,90
CO^2 + air	104,8	22,8	684,9	87,25
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	68,6	23,4	626,0	52,05

Expérience du 5 octobre 1865.

Une feuille de laurier-rose, ayant une surface de 70 centimètres carrés, après être restée quarante-huit heures dans du gaz hydrogène à l'obscurité, a été exposée au soleil pendant cinq heures dans :

	cc
Air atmosphérique	56,2 [107]
Acide carbonique	27,6
Total	83,8
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	58,8
Acide carbonique restant	25,0
» ajouté	27,6
» décomposé	2,6

Expérience du 27 juillet 1865.

I. Le 25 juillet on a mis une feuille de laurier-rose de 114 centimètres carrés dans du gaz azote où elle est restée quarante-huit heures à l'obscurité. Température, 22 à 23 degrés.

Le 27, on l'a exposée au soleil pendant dix heures dans :

	cc
Air atmosphérique	56,8 [108]
Acide carbonique	17,9
Total	74,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	52,6
Acide carbonique restant	21,1
» ajouté	17,9
» trouvé en excès	4,2

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[107] Acide carbonique	37,8	18,0	592,1	27,60
CO^2 + air	96,6	18,2	705,0	83,80
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	71,8	18,0	663,2	58,80

Voir la Note [108] page 335.

II. Le 25 juillet, on a mis une feuille de laurier-rose de 40 centimètres carrés dans du gaz hydrogène protocarboné, où elle est restée quarante-huit heures à l'obscurité.

Le 27, on l'a exposée au soleil pendant dix heures dans :

	cc
Air atmosphérique	59,4 ([109])
Acide carbonique	18,3
Total	77,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	56,8
Acide carbonique restant	20,9
» ajouté	18,3
» trouvé en excès	2,6

Les feuilles, après avoir été confinées dans l'hydrogène, dans l'azote, dans l'hydrogène protocarboné, ont perdu, comme dans l'acide carbonique, leur faculté décomposante. On peut, je crois, attribuer la perte de cette faculté à ce qu'elles ont été privées pendant trop longtemps de l'oxygène qui leur est indispensable pour élaborer de l'acide carbonique par une combustion lente, en un mot pour respirer; elles ont été asphyxiées. Rien de semblable n'a lieu quand le séquestre a lieu dans une atmosphère respirable; les feuilles en sortent avec l'aptitude à fonctionner durant le jour comme elles fonctionnaient durant la nuit, produisant à la lumière de l'oxygène en présence de l'acide carbonique, et, à l'obscurité, de l'acide carbo-

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([108]) Acide carbonique	26,1	21,6	561,4	17,87
CO^2 + air	89,0	21,6	688,6	74,73
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	66,3	21,2	650,4	52,63
([109]) Acide carbonique	26,5	21,6	565,4	18,27
CO^2 + air	91,9	21,6	693,2	77,68
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	70,6	21,2	659,0	56,78

nique en présence de l'oxygène; mais pour exercer ces deux fonctions opposées, il faut qu'elles aient conservé leur vitalité.

ACTION DE CERTAINES VAPEURS SUR LES FEUILLES.

Des expériences, peu nombreuses à la vérité, me portent à croire qu'en général les vapeurs des huiles essentielles végétales n'ont pas une action délétère bien prononcée sur les feuilles, en tant que, par leur nature, ces huiles n'absorbent pas rapidement l'oxygène de l'atmosphère où les feuilles sont confinées. Cela se comprend jusqu'à un certain point, puisque ces substances volatiles sont élaborées par des plantes. A la lumière, l'essence de térébenthine atténue, sans la faire disparaître complétement, la faculté décomposante des feuilles de laurier.

Expérience du 16 octobre 1864.

I. Une feuille de laurier-cerise, présentant une superficie de 96 centimètres carrés (les deux côtés du limbe), a été exposée au soleil pendant dix heures dans une atmosphère formée d'acide carbonique et d'hydrogène :

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Hydrogène.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	84,9 [110]	29,3	0,0	55,5
Après l'exposition...	85,0	1,9	27,7	55,3
Différences....	+0,1	−27,4	+27,7	−0,2

II. Une feuille prise au même instant, ayant la même surface, a été exposée au soleil pendant dix heures dans un semblable mélange. La seule différence, c'est qu'une fois la feuille introduite, on a fait passer dans l'appareil quel-

[110] Les mesures relatives à cette expérience ont été données précédemment.

ques gouttes d'essence de térébenthine afin que l'atmosphère fût saturée de la vapeur de l'huile essentielle.

	Gaz.	Acide carbonique.	Oxygène.	Hydrogène.
	cc	cc	cc	cc
Avant l'exposition..	87,7	29,5	0,0	58,2 ([111])
Après l'exposition..	87,0	11,0	18,0	58,9
Différences....	−0,7	−18,5	+18,0	−0,3

Bien que la vapeur d'essence n'ait pas empêché la décomposition de l'acide carbonique, cette vapeur parait néanmoins avoir été nuisible, puisque, de deux feuilles exactement semblables, exposées aux mêmes intensités de lumière et de température, celle qui a fonctionné sous l'influence de la térébenthine a décomposé un tiers en moins d'acide carbonique.

Si les vapeurs des huiles essentielles et végétales ne sont pas absolument délétères pour les feuilles, il n'en est pas ainsi de la vapeur du mercure. Depuis Spallanzani, c'est une tradition en physiologie qu'il est indispensable de soustraire aux émanations de ce métal les êtres organisés que l'on soumet à l'expérience dans des atmosphères confinées; mais j'avoue qu'avant d'avoir observé les faits que je vais exposer, j'étais loin de me douter qu'à la température ordinaire la vapeur mercurielle, dont la tension est si faible, pût exercer une action aussi marquée sur les plantes.

Pour constater les effets d'un agent qui échappe à nos sens et dont l'existence est présumée par la seule notion de

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
([111]) Acide carbonique.......	39,9	10,8	584,2	29,50
CO^2 + hydrogène........	99,0	10,4	698,6	87,66
Après l'exposition.......	98,85	11,45	696,7	86,96
Après l'absorption de l'acide carbonique.......	87,9	11,45	684,35	75,96
Après l'absorption de l'oxygène............	69,55	9,0	654,25	57,93

la source d'où il peut émaner, il faut naturellement procéder par la voie des observations comparées; c'est ce que j'ai fait, et c'est ce qui excusera les détails dans lesquels je dois entrer.

Plusieurs feuilles de laurier-rose de 35 à 40 centimètres carrés, présentant par conséquent une surface totale de 70 à 80 centimètres carrés, cueillies au même moment sur la même branche, ont été l'objet des expériences suivantes.

I. Comme terme de comparaison, une feuille a été exposée au soleil pendant cinq heures, aussitôt qu'elle fut détachée de l'arbuste, dans :

Air atmosphérique	cc 60,4 (112)
Acide carbonique	32,7
Total	93,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	82,9
Acide carbonique restant	10,2
» ajouté	32,7
» décomposé	22,5

II. Une des feuilles avait été placée à l'obscurité sur la cuve à mercure, sous une cloche contenant 300 centimètres cubes d'air; par son extrémité inférieure, elle plongeait de 2 centimètres dans le métal. On l'a laissée dans cette situation pendant trente-huit heures durant lesquelles on renouvela trois fois l'air de la cloche; ensuite elle fut exposée au soleil pendant cinq heures dans :

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(112) Acide carbonique	cc 45,0	o 19,4	mm 690,7	cc 32,67
CO^2 + air	107,9	20,4	704,7	93,11
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	96,8	20,4	699,4	82,89

Air atmosphérique	cc 58,5 [113]
Acide carbonique	33,6
Total	92,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé.	57,9
Acide carbonique restant	34,2
» ajouté	33,6
» excédant	0,6

Cette feuille avait perdu sa faculté décomposante.

III. Deux autres feuilles furent placées sous une cloche pleine d'air posée sur le mercure, exactement dans la situation où s'était trouvée la feuille dans l'expérience précédente. L'air de la cloche fut aussi renouvelé trois fois. Les feuilles, après avoir passé trente-huit heures à l'obscurité à la température de 20°, 2, ont été chacune séparément exposées au soleil pendant cinq heures dans :

	I.	II.
	cc	cc
Air atmosphérique	65,4 [114]	69,2 [115]
Acide carbonique	27,7	24,5
Total	93,1	93,7
Après l'expos., l'acide carb. absorbé.	64,1	69,1
Acide carbonique restant	29,0	24,6
» ajouté	27,7	24,5
» trouvé en excès	1,3	0,1

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[113] Acide carbonique	46,1	19,4	592,7	33,57
CO^2 + air	106,6	20,4	705,8	92,14
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	73,2	20,4	646,4	57,93
[114] Acide carbonique	38,9	18,5	578,5	27,73
CO^2 + air	108,2	20,2	702,0	93,10
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	80,0	20,2	654,0	64,10

Voir la Note [115] page 340.

Les deux feuilles avaient perdu leur faculté décomposante; il s'était formé un peu d'acide carbonique. J'étais assez disposé à attribuer l'effet constaté à cette circonstance, qu'une des extrémités des feuilles touchait le mercure. J'adoptai, en conséquence, une disposition qui permît d'éviter tout contact avec le métal

IV. Une feuille fixée par son pétiole à un fil de platine fut introduite dans une cloche pleine d'air. L'extrémité inférieure de la feuille se trouvait à 3 centimètres au-dessus de la surface du mercure. La cloche avait une capacité de 130 centimètres cubes; l'air qu'elle renfermait fut renouvelé trois fois dans les quarante-six heures que la feuille passa à l'obscurité, à la température de 18°,2, et après lesquelles on l'exposa au soleil durant cinq heures dans :

Air atmosphérique	cc 57,9 [116]
Acide carbonique	31,8
Total	89,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	61,7
Acide carbonique restant	28,0
» ajouté	31,8
» décomposé	3,8

Avec la disposition adoptée dans cette expérience, la faculté décomposante n'a pas entièrement disparu; elle

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(115) Acide carbonique	35,0	18,5	567,7	24,50
CO^2 + air	108,9	20,2	701,8	93,70
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	84,9	20,2	663,6	69,10
(116) Acide carbonique	42,6	18,0	605,0	31,8
CO^2 + air	101,8	18,2	715,6	89,7
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	74,8	18,0	668,8	61,7

a cependant été fortement atténuée, puisque, ainsi qu'on va le voir, la feuille, si elle n'avait pas passé quarante-six heures dans de l'air confiné sur le mercure, aurait très-probablement décomposé 22 à 25 centimètres cubes de gaz acide carbonique.

V. Afin de bien établir que la perte de la faculté décomposante ne dépendait pas uniquement du fait de la séquestration des feuilles de laurier, j'ai cru devoir m'assurer une fois de plus que les feuilles maintenues dans de l'air atmosphérique confiné conservent intacte cette faculté.

Le jour où l'on cueillit des feuilles pour cette série d'expériences, on en introduisit deux dans un flacon bouchant à l'émeri, d'une capacité de 200 centimètres cubes; elles y restèrent quarante-six heures à l'obscurité; l'air du flacon fut renouvelé trois fois. Une de ces feuilles a été exposée au soleil pendant cinq heures dans :

	cc
Air atmosphérique	64,7 (117)
Acide carbonique	26,4
Total	91,1
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	90,1
Acide carbonique restant	1,0
» ajouté	26,4
» décomposé	25,4

Ainsi, les feuilles confinées dans de l'air, sous une cloche posée sur le mercure, perdirent la faculté de décomposer l'acide carbonique quand on les exposa à la lumière. Celles que l'on avait conservées dans de l'air enfermé dans un

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(117) Acide carbonique	37,0	18,4	578,1	26,37
CO^2 + air	105,7	19,9	702,9	91,12
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	103,9	19,8	706,5	90,06

flacon, pendant un temps égal et à la même température, conservèrent cette faculté. Je ne vois d'autre explication à donner de ces faits que l'influence exercée par la vapeur de mercure; et ce qu'il y a de remarquable, c'est que l'effet délétère de la vapeur métallique paraît se manifester surtout sur le principe, ou, si l'on veut, sur l'organe qui détermine la décomposition du gaz acide carbonique par les parties vertes des végétaux. Du moins, j'ai constaté maintes fois qu'une feuille maintenue à l'obscurité dans de l'air en contact avec le mercure transforme l'oxygène en acide carbonique comme une feuille similaire placée dans de l'air qui n'est pas superposé à ce métal.

On pourrait croire aussi qu'à la lumière la vapeur mercurielle n'exerce aucun effet sur la végétation. Ce serait, je crois, une illusion. Il est vrai qu'une feuille exposée au soleil dans un mélange gazeux reposant sur du mercure décompose immédiatement l'acide carbonique contenu dans ce mélange, et que la décomposition une fois commencée continue sans interruption; mais cela paraît tenir à cette circonstance, que la vapeur aqueuse émanant de la feuille dépose, en se condensant, d'abord une rosée, puis une mince couche d'eau à la surface du métal; l'atmosphère confinée, n'étant plus en contact avec le mercure, est soustraite à son influence. La condensation de la vapeur aqueuse a lieu d'autant plus rapidement que la masse du métal est considérable par rapport à celle du volume gazeux qu'elle supporte, et que par cela même il faudrait un temps très-long pour qu'elle se mît en équilibre de température avec l'air ambiant. En un mot, le mercure agit comme un puissant réfrigérant. Sans la couche d'eau dont le mercure est recouvert presque instantanément, la vapeur de ce métal agirait probablement sur les feuilles tout aussi défavorablement à la lumière qu'elle a agi à l'obscurité dans les expériences que j'ai décrites.

ACTION DÉLÉTÈRE QUE LA VAPEUR ÉMANANT DU MERCURE EXERCE SUR LES PLANTES.

On vient de voir avec quelle promptitude, avec quelle énergie la vapeur émise par le mercure, à la température ordinaire, atteint les parties vertes en leur enlevant la faculté de décomposer le gaz acide carbonique lorsqu'elles sont exposées au soleil. Des feuilles placées au-dessus du mercure, dans une cloche contenant 300 centimètres cubes d'air que l'on renouvelait trois fois en trente-huit heures, perdirent complétement cette faculté, tandis que des feuilles semblables, maintenues dans un égal volume d'air enfermé dans un flacon et qu'on ne renouvelait qu'avec une extrême lenteur, possédaient encore leur vitalité quatorze jours après.

Les faits que j'ai rapportés justifient donc pleinement cette recommandation des physiologistes : de ne jamais exposer aux émanations mercurielles les êtres organisés maintenus dans une atmosphère confinée. Ainsi, Spallanzani, dans ses belles recherches sur la respiration des animaux inférieurs, posait un opercule de verre sur le mercure pour en empêcher le contact avec le sujet de l'observation. Ainsi, Théodore de Saussure, dans des expériences sur la végétation des pervenches, avait soin de couvrir le mercure d'une couche d'eau, afin que l'atmosphère ne reposât pas immédiatement sur ce métal.

A ma connaissance, les premières notions relatives à l'*action du mercure sur la vie végétale* seraient dues à une réunion de savants hollandais : Deiman, Paats, Van Troostwyck et Lauwerenburgh ; elles furent connues en France en 1797 par une lettre adressée à Van Mons, et que je reproduirai à peu près textuellement ([118]).

([118]) Extrait d'une Lettre du citoyen Lauwerenburgh à Van Mons (*Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, t. XXII, p. 122).

« *Expérience* 1re. — On a placé sous une cloche de » 12 pouces de hauteur et de 6 de diamètre, sur l'eau, une » plante de fève de marais, venue en terre, et à côté de » cette plante une bouteille de 1 pouce de diamètre remplie » de mercure.

» *Expérience* 2. — Une plante de menthe frisée, avec sa » racine, mise dans l'eau, fut placée sous une cloche de » 8 pouces de hauteur et de 2 $\frac{1}{4}$ pouces de diamètre, avec » du mercure.

» *Expérience* 3. — On répéta l'expérience précédente » avec la différence que la cloche, au lieu d'être placée sur » l'eau, fut posée sur une table, sur des rouelles de liége.

» *Expérience* 4. — Mêmes dispositions que celles adop- » tées dans l'expérience 2, avec la différence que des mor- » ceaux d'or en feuille furent suspendus dans la cloche.

» *Expérience* 5. — On posa une bouteille pleine de » mercure à côté d'une jeune plante de *Spiræa salicifolia*, » attachée à la racine mère, et on couvrit le tout d'une » cloche.

» *Expérience* 6. — On refit l'expérience 2, en attachant » un peu de soufre aux parois intérieures de la cloche.

» *Expérience* 7. — Mêmes dispositions que dans l'ex- » périence 2. On couvrit seulement le mercure d'un peu » d'eau. »

Voici maintenant les faits constatés :

« Dans les cinq premières observations, les feuilles et » les tiges furent couvertes de taches noires le troisième » jour de l'installation des appareils; et le quatrième, le » cinquième, au plus tard le sixième jour, les plantes étaient » entièrement noires.

» La menthe, dans l'expérience 6, est restée intacte, ce » qui prouve que le soufre enchaîne les mauvais effets du » mercure.

» Dans l'expérience 7, l'action du mercure a été nulle, à
» cause de l'eau qui le couvrait.

» En outre, il fut reconnu « que le mercure ne nuit en
» aucune manière aux plantes lorsqu'il est mêlé avec la
» terre, avec l'eau, ou lorsqu'il est en contact avec les ra-
» cines. »

L'oxyde de mercure n'a pas cette innocuité. « Mis en contact avec la racine, il est mortel pour la plante ; mais cet oxyde n'exerce plus la même action lorsqu'il est placé, comme on avait placé le mercure métallique, à côté de la plante ; une menthe dans cette situation n'éprouva aucune altération. »

En résumé, des plants de fève, de menthe, de *Spiræa salicifolia*, maintenus dans un volume d'air limité, en relation avec du mercure, ont noirci et sont morts en quelques jours ; tandis que ces plantes ont vécu dans les mêmes conditions, lorsque, à côté du mercure, on avait placé du soufre. Ce fait de l'action préservatrice que le métalloïde exercerait à distance est des plus curieux, et j'avoue que le désir de le contrôler est entré pour beaucoup dans la résolution que je pris de répéter, en les variant, les observations des chimistes hollandais.

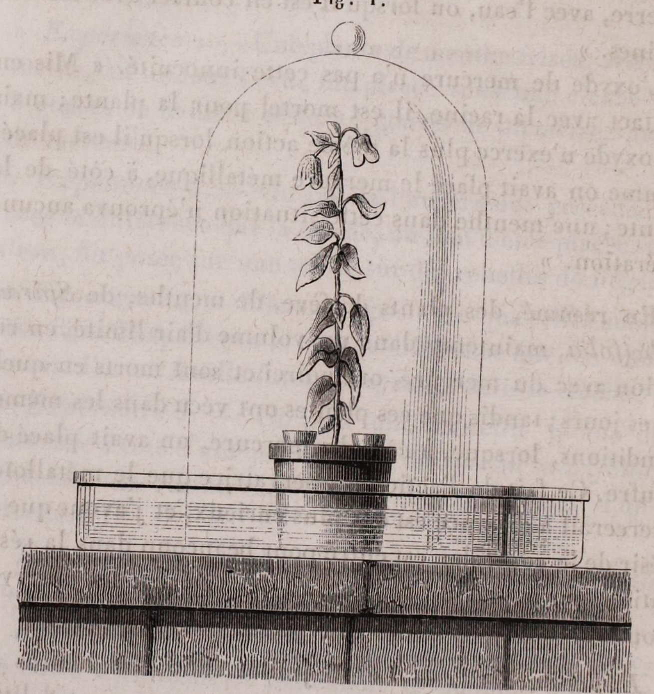
Expérience 1re. — Le 16 juillet 1866, à 8 heures du soir, on mit sous des cloches de verre, contenant 8 litres d'air et reposant sur l'eau, deux *pétunias* venus en pot, portant chacun sept feuilles, quelques folioles et deux fleurs.

L'un des *pétunias* fut soumis à l'action mercurielle ; sur la terre, de chaque côté de la tige, on avait posé une capsule remplie de mercure ; le métal présentait à l'atmosphère une surface de 36 centimètres carrés. Les cloches furent placées dans un jardin, et, pour atténuer la chaleur du soleil, on blanchit à la craie les parois tournées vers le midi (*fig.* 1).

Le 17 juillet, à 6 heures du matin, dix heures après l'installation, les feuilles paraissaient ternes.

A 2 heures de l'après-midi, le thermomètre marquait, à l'ombre, 31 degrés.

Fig. 1.



Le 18 juillet, à 6 heures du matin, une des feuilles, la plus rapprochée du mercure, était flétrie et couverte de taches noires. On remarquait aussi quelques taches grises sur les autres feuilles.

A 2 heures, à l'ombre, le thermomètre indiquait 29 degrés.

Le 19 juillet, à 6 heures du matin, les feuilles occupant le bas de la tige étaient entièrement flétries, noires et pendantes. Celles situées plus haut, moins rapprochées du mercure, étaient remplies de taches; leur pétiole fléchissait.

Les fleurs ne paraissaient pas avoir souffert.

A 7 heures du soir, le thermomètre marquait 23 degrés.

Le 20 juillet, à 6 heures du matin, la tige penchait; quelques feuilles naissantes placées vers le haut n'avaient pas noirci; mais elles étaient pâles, étiolées.

Le 21 juillet, toutes les feuilles étaient mortes, à l'exception d'un très-petit bourgeon feuillu terminant la tige. Les fleurs étaient tombées sans avoir perdu leur couleur.

L'autre *pétunia*, enfermé sous la cloche où il n'y avait pas de mercure, conserva toute sa vigueur; ses feuilles, d'un beau vert, étaient restées translucides, la tige rigide, et les fleurs qu'elle portait avaient gardé leur fraicheur. Ainsi, le *pétunia* a perdu toutes ses feuilles en restant enfermé pendant quatre-vingt-deux heures dans une atmosphère où du mercure émettait de la vapeur à une température qui n'a pas excédé 31 degrés.

Il restait à apprécier l'action préservatrice du soufre, signalée par les chimistes hollandais.

Expérience 2. — Le 22 juillet, à 4 heures du soir, on a introduit sous des cloches de verre, d'une capacité de 10 litres, deux plants de menthe. Sur la terre contenue dans les pots était posée une capsule remplie de mercure, et à côté une éprouvette pleine du même métal dont l'ouverture atteignait le sommet des cloches. Cette dernière disposition avait été adoptée afin que la vapeur mercurielle se développât à la fois dans le bas et dans le haut de l'air confiné. Dans chaque appareil la surface totale du mercure était de 40 centimètres carrés.

A la paroi intérieure de l'une des cloches MS, on avait fait adhérer de la fleur de soufre sur une superficie d'environ 1 décimètre carré. Dans l'autre cloche M', il n'y avait pas de soufre.

Le 23 juillet, à 8 heures du matin, c'est-à-dire seize heures après l'installation, la menthe de la cloche M' était fortement atteinte. Ses feuilles, pour la plupart, avaient une couleur gris foncé.

A 3 heures, la température était de 24 degrés.

Le 24 juillet, à midi, toutes les feuilles étaient noires et pendantes. Le thermomètre marquait 25 degrés.

Le 26 juillet, à midi, les feuilles étaient mortes, desséchées.

Le ciel était couvert, le thermomètre indiquait seulement 16 degrés.

En moins de cinquante-deux heures, les feuilles de la menthe avaient été détruites.

Le résultat constaté dans la cloche MS, où le mercure et le soufre se trouvaient en présence, fut bien différent.

Le 26 juillet, les feuilles étaient aussi belles, aussi fraîches qu'au moment où le plant de menthe avait été mis dans l'atmosphère confinée. J'ajouterai que douze jours après, le 7 août, l'état de la plante était tout aussi satisfaisant.

Des résultats semblables ont été obtenus avec des rameaux de pêcher, avec du lin. Dans l'air reposant sur le mercure, les feuilles, en quelques jours, quelquefois en quelques heures, se couvraient de taches, et constamment la présence du soufre a empêché la vapeur mercurielle de produire son effet.

La faculté préservatrice du soufre se trouvait donc parfaitement établie. Néanmoins, il était intéressant de s'assurer qu'une plante que l'on soufrerait, par le procédé usité pour garantir la vigne de l'oïdium, résisterait à la vapeur du mercure.

Un plant de menthe fut légèrement saupoudré avec de la fleur de soufre, pendant que ses feuilles étaient encore humectées par la rosée, puis enfermé sous une grande cloche de verre pleine d'air, reposant sur du mercure. Quinze jours après, les feuilles n'avaient pas subi d'altération.

Ces résultats confirment les faits constatés par les chimistes hollandais : l'action délétère exercée sur les végé-

taux par la vapeur émanant du mercure à une température très-peu élevée, et la faculté que possède le soufre d'empêcher, par sa seule présence, les effets de cette vapeur. Il restait à préciser le rôle du soufre dans cette circonstance. La netteté, le brillant que le mercure conserva dans toutes les expériences excluaient l'idée qu'une pellicule de sulfure déposée à sa surface pût être un obstacle à l'évaporation. Le phénomène s'accomplit nécessairement dans l'air dont la plante est environnée, entre des quantités de matières que l'on envisagera comme impondérables, si l'on considère quelle est la faiblesse des forces élastiques des vapeurs du métal et du métalloïde; en réalité, il ne se manifeste que par ses effets : les feuilles noircissent et meurent quand elles sont enfermées dans une atmosphère touchant à du mercure; elles résistent, gardent toute leur vigueur quand elles sont placées dans une atmosphère touchant à la fois à du mercure et à du soufre. On ne voit rien autre chose, et la seule conclusion qu'il soit rigoureusement permis de tirer est celle formulée par Deiman, Paats, Van Troostwyck et Lauwerenburgh, que *le soufre enchaîne les mauvais effets du mercure*.

Qu'à la température modérée à laquelle les plantes vivent le mercure émette de la vapeur, c'est ce que Faraday a mis hors de doute en maintenant au-dessus de ce métal une feuille d'or battu. En six semaines, en un lieu froid et obscur, l'or devint blanc par l'amalgame formé à sa superficie ([119]). Les chimistes hollandais avaient fait, sans succès il est vrai, l'expérience instituée vingt-cinq ans plus tard par l'illustre physicien anglais. Dans leur quatrième observation, on aura remarqué qu'ils suspendirent des morceaux d'or en feuille sous une cloche où il y avait du mercure à côté d'un plant de menthe. Était-ce pour voir si l'or protégerait la plante en absorbant la vapeur mercu-

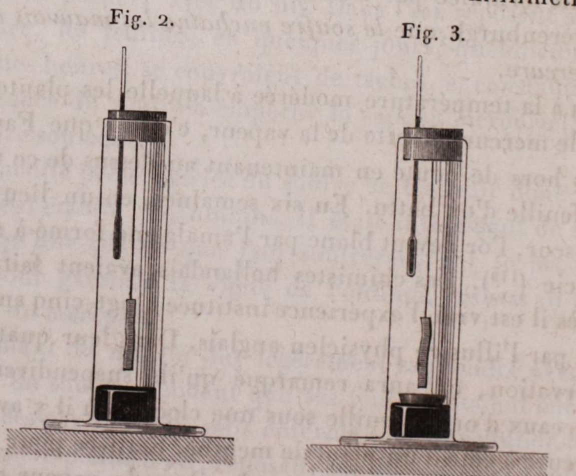
---

([119]) Faraday, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XIII, p. 77.

rielle? ou bien était-ce pour accuser la présence de cette vapeur? Lauwerenburgh, dans sa lettre à Van Mons, ne s'explique pas; il ne fait aucune mention d'un changement survenu dans la couleur de l'or. Je montrerai bientôt que la durée de l'observation n'avait pas été suffisante pour apercevoir la moindre modification; l'action délétère du mercure fut très-prononcée; la plante succomba le cinquième jour, et ce que l'on peut déduire de cette expérience, c'est qu'une feuille de menthe est un réactif bien autrement sensible qu'une feuille d'or, pour déceler dans l'air la plus infime quantité de mercure.

Pour rechercher comment le soufre annule l'effet du mercure, j'ai dû d'abord apprécier ce que l'on pourrait nommer l'énergie de la vapeur développée par ce métal dans les conditions de température où se trouvaient les plantes placées sous les cloches.

Le 8 *août*, on suspendit deux lames d'or pur au-dessus du mercure. Dans une éprouvette n° 1 (*fig.* 2), l'extrémité inférieure de la lame se trouvait à 80 millimètres de



la surface du mercure; dans une éprouvette n° 2 (*fig.* 3), la distance n'était que de 15 millimètres.

Les éprouvettes, munies d'un thermomètre à l'intérieur, fermées par un liége, furent exposées au midi.

13 *août*. Le ciel ayant été couvert, le temps pluvieux, l'air confiné se maintint entre 14 et 20 degrés. L'aspect des lames n'avait pas changé; comme dans l'expérience des chimistes hollandais, rien n'indiquait une formation d'amalgame. Cependant la balance montra que l'or avait fixé du mercure.

	Poids des lames.	
	N° 1.	N° 2.
	gr	gr
Le 8 août..........	0,255	0,234
Le 13 août........	0,256	0,236
Mercure fixé.....	0,001	0,002

3 *septembre*. Depuis le 13 août, il avait plu fréquemment. La température se maintint le plus ordinairement entre 18 et 21 degrés; elle montait à 25 et même à 28 degrés quand il y avait du soleil. La lame d'or n° 1, placée à 80 millimètres du mercure, était un peu terne, surtout à la partie inférieure. La lame n° 2, placée à 15 millimètres, était blanchâtre; à la loupe, on distinguait de nombreux points gris, irrégulièrement disséminés, n'ayant aucun reflet métallique.

	Poids des lames.	
	N° 1.	N° 2.
	gr	gr
Le 13 août.........	0,256	0,236
Le 3 septembre......	0,258	0,247
Mercure fixé.....	0,002	0,011

Comme contrôle, on chauffa les lames au rouge pour en chasser le mercure; chacune reprit son poids initial du 8 août :

	gr
Le n° 1 pesa..................	0,255
Le n° 2 pesa..................	0,234

L'influence de la distance des lames d'or à la surface du mercure est évidente, ce qu'expliquent, au reste, la forte

densité de la vapeur mercurielle et la lenteur de sa diffusion dans l'air.

A la lame d'or on substitua, dans l'une des éprouvettes, une lame d'argent pur, polie, longue de 69 millimètres et de 11 millimètres de largeur; elle pesait $0^{gr},655$; son extrémité fut maintenue à 5 millimètres de la surface du mercure. La température varia de 14 à 28 degrés depuis le 3 septembre jusqu'au 3 novembre. Quand on le retira de l'éprouvette, l'argent présentait à la loupe un enduit grisâtre n'ayant rien de métallique : on aurait pu croire à une oxydation.

Le 3 novembre la lame pesa......	$0^{gr},665$
Le 3 septembre, elle avait pesé....	0,655
Mercure fixé..............	0,010

Chauffée au rouge, la lame reprit son poids initial de $0^{gr},655$, mais, après la volatilisation du mercure, elle était mate, le poli avait disparu.

A une température inférieure à 14 degrés, l'effet de la vapeur mercurielle sur l'or n'a plus été aussi facilement appréciable. Des lames de ce métal de 7 à 8 centimètres carrés, suspendues à 1 centimètre au-dessus du mercure, dans une éprouvette fermée, depuis le 29 décembre 1866 jusqu'au 23 janvier 1867, dans un lieu où le thermomètre a indiqué de 4 à 7 degrés, ont conservé leur brillant et n'ont plus augmenté en poids.

Dans la même situation, pendant le même temps, mais à la température de 10 et 16 degrés, les lames d'or acquirent de $0^{gr},001$ à $0^{gr},002$.

Que l'air en relation avec le mercure renferme de la vapeur de ce métal, cela est hors de doute; mais, pour comprendre comment il arrive que le soufre en neutralise les effets, on est bien obligé d'admettre qu'à la température ordinaire il émet de la vapeur qui transforme le mercure volatilisé en sulfure n'exerçant pas d'action délétère sur les

plantes. Toutefois, c'est là une simple supposition d'autant plus difficile à justifier que la combinaison des deux vapeurs ayant lieu entre des proportions à peu près impondérables, elle échappe par cela même à nos sens. Ce que l'on est uniquement en droit d'affirmer, c'est qu'en présence du soufre il n'y a plus de mercure libre dans l'atmosphère, puisque la végétation n'en ressent plus les effets. On aura d'ailleurs une idée de ce que peuvent être les minimes quantités de mercure et de soufre réagissant dans cette circonstance, en se reportant aux forces élastiques des vapeurs de ces corps à diverses températures déterminées par M. Regnault.

Températures.	Force élastique de la vapeur du mercure exprimée en millimètres de mercure.
	mm
0°	0,020
10	0,027
20	0,037
30	0,053
40	0,077
50	0,1120
60	0,1643
70	0,2410
80	0,3528
90	0,5142
100	0,7455
110	1,0734

Températures.	Force élastique de la vapeur du soufre exprimée en millimètres de mercure.
o	mm
68,54	0,20
121,02	1,28
139,19	1,33
187,85	2,05

La température des atmosphères dans lesquelles les plantes ont été confinées s'étant maintenue entre 12 et 30 degrés, la force élastique de la vapeur émanant du mer-

cure n'a guère dépassé $0^{mm},04$. La force élastique de la vapeur émanant du soufre a dû être plus faible encore. Il n'est donc pas étonnant qu'on ne voie rien se passer dans les appareils, si ce n'est que le végétal meurt quand il est exposé uniquement à l'action de la vapeur mercurielle, et que, tout au contraire, le végétal résiste lorsque, dans l'atmosphère qui l'environne, il se développe à la fois de la vapeur de mercure et de la vapeur de soufre. Toutefois, je vais peut-être trop loin en disant que l'on ne voit rien autre chose; j'ai remarqué que la fleur de soufre, introduite pour protéger la plante, prend à sa surface une teinte terne fort peu prononcée d'abord, mais acquérant plus d'intensité avec le temps. C'est ainsi qu'en un mois le soufre avait pris un aspect terreux, d'un gris sale, tandis que la surface du mercure conservait tout son brillant. Nul doute que ce changement de couleur ne provienne d'une trace de sulfure; mais, si ce sulfure se formait uniquement au contact du soufre, s'il ne s'en formait pas aussi dans l'air par l'union des deux vapeurs, on ne comprendrait pas comment la plante, dans une atmosphère mercurielle, serait protégée par la présence du soufre; or, puisque la protection a lieu, la vapeur du soufre intervient nécessairement, bien que, à une basse température, sa tension soit si faible, qu'il devient à peu près impossible de reconnaître du soufre dans l'air. On en jugera par le résultat de l'expérience que je vais rapporter.

Le 23 août, on suspendit une lame d'argent pur et poli, de 7 centimètres carrés, dans une éprouvette où il y avait de la fleur de soufre. Un mois après, l'argent avec une teinte brune à peine visible, et la quantité de sulfure déposée sur les deux faces de la lame ayant ensemble 14 centimètres carrés était si minime, qu'une balance trébuchant à $\frac{1}{3}$ de milligramme n'accusa aucune augmentation de poids. La coloration de l'argent était-elle réellement due à une sulfuration et non à une oxydation déterminée par une produc-

tion d'ozone que le soufre aurait provoquée? Il était d'autant plus opportun de s'en assurer que l'ozone pouvait oxyder le mercure en vapeur, et que l'oxyde de mercure n'exerce pas sur les feuilles l'effet destructif occasionné par le métal. Or, le soufre que l'on suspend dans un vase plein d'air ne ternit pas le mercure occupant le fond de ce vase, ce qui arriverait infailliblement si l'air superposé au métal renfermait de l'ozone. Enfin un papier ozonométrique d'une grande sensibilité, préparé par M. Houzeau, est resté suspendu pendant plusieurs jours dans une éprouvette contenant de la fleur de soufre sans subir le moindre changement de teinte. Il est par conséquent vraisemblable que la couleur brune acquise par l'argent ne provenait pas d'une oxydation.

Cependant, pour qu'une plante échappe à l'action toxique du mercure, il est indispensable que, dans l'atmosphère où elle se trouve confinée, il y ait une intervention incessante de la vapeur de soufre, pour neutraliser entièrement la vapeur mercurielle; la plus minime proportion de cette vapeur restée libre agirait immédiatement sur les feuilles. Cette condition est remplie d'autant plus sûrement que, pour la saturation, il n'est pas nécessaire que la vapeur du soufre soit égale, en volume, à la vapeur métallique.

D'après M. Dumas, les densités des deux vapeurs diffèrent peu. A zéro, sous la pression de $0^m,76$:

La densité de la vapeur de soufre est.	6,65
La densité de la vapeur de mercure. .	6,97
L'équivalent du soufre est.	200
L'équivalent du mercure est.	1250

Le sulfure de mercure étant HgS, il s'ensuit que 1 volume de vapeur de soufre suffit pour sulfurer environ 6 volumes de vapeur de mercure. C'est ce qui explique comment le soufre, malgré le peu de tension de sa vapeur, protége

un végétal placé dans une atmosphère mercurielle. Dans de l'air en contact avec du mercure et du soufre, les vapeurs émanant de ces corps doivent donc, aussitôt qu'elles se rencontrent, constituer du sulfure de mercure, et, d'après les raisons que j'ai exposées, il parait certain que la vapeur de soufre domine dans l'atmosphère confinée. Mais c'est là, je le répète encore, un phénomène occulte; on n'aperçoit pas dans l'air la formation du sulfure; le seul indice de son apparition est un léger changement de nuance dans la couleur du soufre.

J'ai pensé que l'on rendrait manifeste la sulfuration du mercure en vapeur par le soufre en vapeur, en opérant à une température suffisamment élevée, afin d'augmenter la tension de ces vapeurs, en plaçant, comme je l'ai fait, les appareils dans une étuve chauffée entre 60 et 80 degrés.

Sur du mercure, dans un vase clos par un disque de verre, on a laissé flotter une capsule contenant de la fleur de soufre. Vingt-quatre heures après, la surface du soufre était noire; en deux ou trois semaines, la totalité avait pris la même teinte. La substance noire était bien un sulfure de mercure, car en la chauffant dans un tube effilé, à l'abri de l'accès de l'air, il passa d'abord un peu de soufre dans la partie froide du tube, et bientôt après on vit apparaître l'anneau brillant noir-brun caractérisant le cinabre.

Le soufre en morceaux, dans une atmosphère où il y a de la vapeur mercurielle, s'est comporté comme la fleur de soufre. Un cylindre de soufre commence par être couvert de taches grisâtres, puis, huit à dix jours après, sa surface prend l'aspect de la fonte de fer; elle est enduite de sulfure de mercure très-adhérent, ne tachant pas les doigts et résistant au frottement.

Dans ces expériences on a eu la preuve qu'il y a production de sulfure de mercure au sein même de l'atmosphère, par ce fait que du sulfure était fixé fortement aux parois des vases et à une distance relativement considérable des

points où se trouvaient le soufre et le mercure. Ce dépôt de cinabre sur le verre des appareils s'est probablement formé pendant les instants de refroidissement.

Pour constater s'il y avait de la vapeur mercurielle libre dans de l'air reposant à la fois sur du mercure et sur du soufre, on a institué l'expérience que je vais décrire :

Une lame polie d'or pur de 6 centimètres carrés a été suspendue au-dessus du mercure dans une éprouvette n° 1 ; l'extrémité inférieure de la lame était à 1 centimètre de la surface du mercure.

Une autre lame polie d'or pur de même dimension fut aussi suspendue au-dessus du mercure, dans une éprouvette n° 2, mais, entre la lame d'or et le mercure, il y avait une petite capsule renfermant de la fleur de soufre.

Les deux éprouvettes passèrent huit jours dans l'étuve.

L'or, dans l'appareil n° 1, est devenu blanc, toute sa superficie étant recouverte d'une légère couche d'amalgame.

	gr
La lame a pesé..................	0,401
Après avoir été chauffée au rouge..	0,391
Mercure volatilisé...........	0,010

Après l'expulsion du mercure, l'or était mat, le poli complétement détruit. C'est là une preuve qu'il y avait du mercure combiné à l'or.

L'or, dans l'éprouvette n° 2, celui qui avait séjourné dans de l'air où le soufre et le mercure étaient en présence, offrait un aspect assez singulier. Sur quelques points il avait pris une couleur bleue très-foncée, presque noire, sur d'autres il était irisé.

	gr
La lame a pesé................	0,372
Chauffée au rouge..............	0,370
Différence.................	0,002

Par l'action du feu, l'or reprit sa couleur et son poli ; il

n'avait pas fixé de mercure, car, alors même que du mercure combiné d'abord à l'état d'amalgame eût été ensuite sulfuré, après la volatilisation du sulfure, l'or aurait certainement présenté une surface mate.

L'accroissement du poids de $0^{gr},002$ provenait évidemment du sulfure de mercure adhérant à l'or, comme il en adhérait au verre de l'éprouvette, au fil de platine auquel la lame était attachée.

On peut donc admettre qu'il n'y a pas de vapeur mercurielle libre dans de l'air confiné touchant à la fois à du soufre et à du mercure.

De ces faits, devenus faciles à constater par l'augmentation de la force élastique des vapeurs, il est, je crois, permis de conclure que c'est en constituant un sulfure que le soufre protége une plante contre les effets de la vapeur émanant du mercure ([120]).

L'ensemble de ces recherches suggère cette réflexion, qu'il suffit de la plus infime proportion de certaines substances pour communiquer à l'atmosphère des propriétés dont les effets se font sentir avec une étonnante énergie sur les organismes des plantes et des animaux. On voit, par exemple, la cellule végétale languir et succomber bientôt là où il y a si peu de mercure en vapeur, que sa présence échappe aux procédés les plus délicats de l'analyse; et, ce qui est tout aussi surprenant, c'est l'intervention du soufre en quantité plus minime encore, dissipant l'insalubrité occasionnée par la vapeur mercurielle. Ne se passe-t-il pas quelque chose d'analogue au sein de l'océan aérien? Si l'agent toxique dont l'air est le véhicule est un métal

---

([120]) La propriété que possède le soufre de fixer solidement à sa surface, à l'état de sulfure, le mercure en vapeur, permet de communiquer un aspect métallique à des objets moulés en soufre. Il suffit, par exemple, de placer des reproductions de médailles en soufre dans une sous-tasse en porcelaine nageant sur du mercure contenu dans un vase recouvert par un obturateur. En quelques jours, dans une étuve maintenue à 70 ou 80 degrés, les médailles prennent l'apparence de la fonte de fer

comme le mercure, des gaz délétères, des miasmes comme il en émane des marécages, ne peut-on pas considérer comme agents purificateurs le soufre, l'iode, l'ozone, dont l'apparition plus ou moins fréquente dans l'atmosphère est incontestable ?

ACTION COMPARÉE DE LA LUMIÈRE SUR LES FACES OPPOSÉES D'UNE FEUILLE PLACÉE DANS UN MÉLANGE D'AIR ATMOSPHÉRIQUE ET DE GAZ ACIDE CARBONIQUE.

La position qu'une feuille aérienne affecte sur la plante a depuis longtemps fixé l'attention des physiologistes. Le même côté du limbe est dirigé vers le ciel, et l'on sait, par les ingénieuses observations de Charles Bonnet, que si on le tourne vers la terre, il ne tarde pas à reprendre sa situation normale. Cette face supérieure de la feuille, que je nommerai *l'endroit*, diffère par son aspect comme par sa conformation de la face inférieure, de *l'envers;* généralement la teinte verte est plus foncée, l'épiderme a plus de consistance.

Une feuille phanérogame offre l'image d'un réseau résultant de l'extension de la ramification des nervures, dont les alvéoles sont comblées par le parenchyme. Tout le système est contenu entre le tissu épidermique muni de stomates, petits organes formés de deux cellules à minces parois accolées l'une à l'autre par deux points, laissant entre elles une fente, une bouche en relation avec un petit espace rempli d'air, établissant ainsi une communication permanente entre les cellules et l'atmosphère. C'est à n'en pas douter le rôle principal de ces ouvertures, de ces perforations. Toutefois, les phénomènes chimiques de la végétation, tels que la combustion du carbone durant la nuit, la décomposition simultanée de l'acide carbonique et de l'eau pendant le jour, dépendent bien plus de l'organisation intérieure que de la conformation extérieure de la feuille, modifiée d'ailleurs singulièrement suivant la nature du milieu où vit le végétal. C'est ainsi que les feuilles

nageant sur l'eau n'ont de stomates qu'à leur face supérieure en contact avec l'air; toutes celles complétement immergées (potamogeton), ont un épiderme qui en est dépourvu. La plupart des feuilles affectant une situation horizontale n'ont de stomates qu'à la face inférieure; il arrive rarement qu'elles en aient sur les deux faces, comme la betterave, le gui, la batate, etc. Les feuilles de Graminées, de Cypéracées, portent des stomates sur chaque côté du limbe; c'est probablement à cette répartition qu'elles doivent de se maintenir dans une position à peu près verticale, et de ne présenter sur leurs faces opposées que de faibles différences de teintes, à ce point que c'est surtout par la saillie plus prononcée de la nervure que, sur une feuille de maïs détachée de la tige, on distingue le côté extérieur du côté interne ([121]).

Suivant H. Schacht, la disposition des cellules du parenchyme dans l'intérieur d'une feuille est subordonnée à la présence des stomates. Sur la face où se trouvent ces organes, le parenchyme est plus lâche et les cellules sont séparées par des méats aériens plus développés, tandis que la face opposée, si elle est sans stomates, possède un tissu plus serré. L'épiderme pourvu de stomates a ordinairement un aspect plus mat, plus blanchâtre que celui qui en est dépourvu. Cette différence de coloration, si prononcée sur les feuilles du genévrier, de chêne, du hêtre, du bouleau, dépend de l'air interposé entre les cellules du parenchyme.

En admettant avec certains physiologistes que l'absorption des gaz et des vapeurs, ainsi que leur expulsion, s'accomplissent par la bouche des stomates, on est conduit à demander, en limitant la question à ce qui concerne les feuilles vivant dans l'air, si le côté du limbe où se trouvent des stomates agit plus énergiquement sur l'atmosphère que le côté opposé où il n'y en a pas. Si, par exemple, dans les

---

([121]) Hermann Schacht, *Les Arbres, leur structure, leur végétation.*

mêmes conditions d'intensité de lumière, de température, de constitution du milieu gazeux, l'envers d'une feuille portant plus de stomates, absorbe et décompose plus d'acide carbonique que l'endroit de la même feuille, à épiderme plus consistant, d'un vert plus foncé et enduit d'une matière cireuse. A la première vue, cela paraîtrait vraisemblable. Cependant, comme on le verra bientôt, il ne semble pas que les stomates exercent sur l'accomplissement des actions chimiques l'influence qu'on serait tenté de leur accorder. Ainsi, pour les feuilles aériennes affectant ordinairement une position horizontale, ce serait l'endroit, le côté tourné vers le ciel, dont l'épiderme n'est pas perforé, qui, toutes circonstances égales d'ailleurs, décomposerait le plus d'acide carbonique, émettrait le plus de gaz oxygène. Après tout, cela n'a rien de surprenant puisque les plantes aquatiques immergées, les Cactées, je puis ajouter les fruits charnus encore verts, opèrent, à la lumière, la décomposition de l'acide carbonique, émettent du gaz oxygène, bien que leur épiderme n'ait point de stomates.

Ingen-Housz croyait avoir remarqué que, lorsqu'elles sont plongées dans de l'eau de source, *les feuilles fournissent un air plus pur, si le soleil donne sur leur surface vernissée, que lorsque leur surface inférieure reçoit l'influence directe du soleil* ([122]). L'éminent physicien fit des expériences comparatives sur le *Rhus typhinium*, sur des branches du *Taxus baccata*. Des feuilles de châtaignier sauvage, exposées au soleil pendant deux heures dans de l'eau de source, on obtint un peu plus d'air dans le vase qui contenait les feuilles disposées selon leur état naturel. Les observations très-incomplètes d'Ingen-Housz offrent un intérêt historique; elles furent faites en 1780, à Passy, en présence de Benjamin Franklin. La conclusion en était évidemment prématurée. L'oxygène dégagé par une feuille

([122]) INGEN-HOUSZ, *Expériences sur les végétaux*, t. II, p. 193. Paris, 1787.

placée dans une atmosphère gazeuse présente le même degré de pureté, quelle que soit la surface d'où il émane; et, quant à la différence de ce volume, ce n'est pas en faisant fonctionner une branche garnie de feuilles dans de l'eau de source qu'il est possible de la déterminer.

Pour constater comment se comporterait un seul côté du limbe que l'on exposerait au soleil dans un milieu gazeux renfermant de l'acide carbonique, il fallait nécessairement mettre le côté opposé à l'abri de la lumière. C'est ce que j'ai fait par deux moyens : 1° en collant, à l'aide d'une très-légère couche d'empois, sur l'une des faces de la feuille, une bande de papier noirci et absolument opaque, ainsi qu'on s'en était assuré par un procédé photographique; 2° en prenant deux feuilles de même dimension, dont on réunissait les surfaces similaires avec de la colle d'amidon, par exemple les surfaces supérieures, s'il s'agissait de faire fonctionner seules les surfaces inférieures. Dans les deux cas, les feuilles étaient préparées au moment où on allait les introduire dans les appareils contenant les mélanges gazeux.

Dans des recherches de ce genre, il convient d'opérer sur des feuilles de même surface; or comme il faut, en outre, qu'elles aient le même âge, la même teinte, et que, par conséquent, elles proviennent de la même branche, du même rameau, il n'est pas toujours possible d'en trouver de parfaitement semblables quant à la superficie. On est donc parfois obligé, quand on discute les résultats, de ramener les volumes d'oxygène dégagé par les feuilles à ce qu'il aurait dû être si les surfaces eussent été égales. On fait ainsi cette supposition, énoncée par Théodore de Saussure, mais dont je n'ai trouvé nulle part la preuve dans ses Mémoires : que la quantité d'acide carbonique décomposée par une feuille exposée au soleil est proportionnelle à sa surface et non à son volume ([123]). J'ai eu plusieurs fois l'occasion de

([123]) SAUSSURE, *Recherches sur la Végétation.*

reconnaître que les résultats généraux des observations sont bien dans ce sens; néanmoins, j'ai pensé qu'il ne serait pas superflu de faire à ce sujet une recherche spéciale.

Expérience du 18 aout 1866.

Laurier-rose.— J'ai pris sur la branche d'un laurier-rose deux feuilles A et B, ayant chacune une surface simple de 31 centimètres carrés, soit une superficie totale de 62 centimètres carrés en comptant les surfaces des deux côtés du limbe. La feuille A a été recouverte en partie, sur ces deux faces, par du papier noirci.

	cq
Surface des deux côtés du limbe...	62
Surface recouverte...............	40
Surface accessible à la lumière.....	22

La feuille B n'a pas été recouverte.

A et B ont été exposés au soleil de 10 heures du matin à 6 heures du soir, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique :

A. Avant l'exposition, l'atmosphère contenait :

	cc
Acide carbonique...............	35,1 (124)
Air..........................	54,4
Après l'exposition :	89,5
L'acide carbonique absorbé........	67,1
Acide carbonique, retrouvé........	22,4
» introduit........	35,1
» décomposé......	12,7

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(124) Acide carbonique.......	47,4	16,3	597,4	35,08
CO^2 + air.............	102,0	15,9	705,6	89,49
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	80,9	15,6	666,2	67,09

B. Avant l'exposition, l'atmosphère contenait :

Acide carbonique	cc 36,7 [125]
Air	54,2
	90,9

Après l'exposition :

L'acide carbonique absorbé	85,1
» retrouvé	5,8
» introduit	36,7
» décomposé	30,9

D'après le volume de l'acide carbonique décomposé par la feuille B, les 11 centimètres carrés laissés à découvert sur la feuille A auraient dû en décomposer $10^{cc},9$. Le volume de gaz décomposé a été $12^{cc},6$. Ce résultat est néanmoins satisfaisant si l'on considère qu'une feuille n'est pas homogène sur toute son étendue à cause du plus ou du moins de développement des nervures.

Rapportant le volume de l'acide carbonique décomposé à une surface de 1 centimètre carré fonctionnant au soleil pendant une heure, en prenant pour la superficie totale la somme des surfaces des deux côtés du limbe, on a :

Pour la feuille A, acide carbonique décomposé	cc 0,072
Pour la feuille B, — — —	0,062

Expérience du 22 aout 1866.

Laurier-rose. — On a placé séparément dans un mélange d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique deux feuilles A et B prises sur le même rameau où elles étaient opposées l'une à l'autre. Elles avaient exactement la même superficie, 66 centimètres carrés.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[125] Acide carbonique	48,8	16,3	607,2	36,71
CO^2 + air	103,0	15,9	709,7	90,89
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé	98,1	15,6	697,2	85,14

Les appareils sont restés exposés à l'ombre, au nord d'un bâtiment de 8 heures du matin à 5 heures du soir, la température s'est maintenue entre 19 et 20 degrés.

Avant l'exposition, les atmosphères renfermaient :

	Feuilles A	Feuilles B
	cc	cc
Acide carbonique	30,4 (126)	33,5 (127)
Air atmosphérique	53,9	49,1
Après l'exposition :	84,3	82,6
L'acide carbonique absorbé...	68,9	63,5
» retrouvé....	15,4	19,1
» ajouté.....	30,4	33,5
» décomposé.	15,0	14,4

C'est à $\frac{6}{10}$ de centimètre cube près, le même volume de gaz acide carbonique décomposé par chacune des feuilles, en neuf heures d'exposition à la lumière diffuse. A l'ombre, par un ciel nuageux, la température étant de 20 degrés ; un centimètre carré de feuille a décomposé en une heure 0^{cc},025 de gaz acide carbonique, un peu moins de la moitié du volume de gaz acide carbonique qu'une même surface d'une feuille semblable avait décomposé au soleil dans le même espace de temps.

Lorsque la différence entre les surfaces de plusieurs feuilles mises en expérience n'est pas très-grande, il est

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(126) Acide carbonique.......	43,0	20,4	576,5	30,4
CO^2 + air.............	99,9	18,8	685,4	84,3
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	84,0	18,8	666,6	68,9
(127) Acide carbonique.......	44,2	20,4	597,3	33,5
CO^2 + air.............	95,7	18,8	700,3	82,6
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	77,2	18,8	668,1	63,5

donc permis de ramener à une surface commune le volume de gaz acide carbonique décomposé, en admettant, comme les observations précédentes y autorisent, que la décomposition est proportionnelle à la surface de la partie verte exposée à la lumière.

Expérience du 14 aout 1866.

Laurier-rose. — Trois feuilles prises sur la même branche : A, B, C, ont été placées au soleil, de 8 heures à 4 heures, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique :

La feuille A, surface simple 26 centimètres carrés, a été couverte sur l'endroit avec du papier noirci.

La feuille B, surface simple 26 centimètres carrés, a été couverte sur l'envers avec du papier noirci.

La feuille C, surface simple 25 centimètres carrés, a conservé libres ses deux faces.

Les nuances des feuilles étaient, d'après les cercles chromatiques de M. Chevreul :

Endroit, jaune-vert...	4	rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir,
Envers, jaune-vert...	2	rabattu à $\frac{4}{10}$ de noir.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique..........	cc 36,7 (128)	cc 36,1 (129)	cc 35,8 (130)
Air atmosphérique.........	54,5	57,3	58,6
Après l'exposition :	91,2	93,4	94,4
L'acide carbonique absorbé...	65,1	78,2	81,3
» retrouvé...	26,1	15,2	13,1
» ajouté.....	36,7	36,1	35,8
» décomposé.	10,6	20,9	22,7

Voir les Notes (128), (129) et (130) page 367.

L'endroit a décomposé une fois autant d'acide carbonique que l'envers de la feuille, et la somme des volumes d'acide décomposés par chacun des côtés ayant fonctionné isolément, est beaucoup plus forte que le volume d'acide décomposé par la feuille, dont les deux côtés ont agi ensemble.

En huit heures, au soleil, la feuille C, surface totale 50 centimètres carrés, a transformé en oxygène $22^{cc},7$ d'acide carbonique : $0^{cc},056$ par centimètre carré en une heure.

Expérience du 22 aout 1866.

Laurier-rose. — Dans une feuille d'une nouvelle pousse on a taillé, en laissant en dehors la nervure principale, deux bandes A et B ayant chacune 25 centimètres carrés mesurés sur un seul côté du limbe. Sur une autre feuille on a pris une troisième bande C de même surface.

Les nuances étaient :

Endroit, vert......	0	rabattu à $\frac{6}{10}$	de noir,
Envers, jaune-vert .	1	rabattu à $\frac{5}{10}$	de noir.

On a recouvert de papier noirci l'endroit de la feuille A, et l'envers de la feuille B. Les deux côtés de la feuille C sont restés à découvert.

L'exposition dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique a eu lieu, *à l'ombre*, de 11 heures du

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(128) Acide carbonique.......	48,15	14,3	610,3	36,74
CO^2 + air	103,0	15,0	710,5	91,28
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	78,3	16,2	669,8	65,15
(129) Acide carbonique.......	48,7	14,8	594,0	36,10
CO^2 + air	105,6	15,0	709,4	93,44
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé....	91,8	16,2	685,6	78,18
(130) Acide carbonique.......	47,2	14,3	606,3	35,78
CO^2 + air.............	106,0	15,0	714,2	94,43
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	94,0	16,2	696,1	81,28

matin à 6 heures du soir. Le ciel s'est maintenu sans nuage pendant l'observation.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique..........	cc 34,7 [131]	cc 38,3 [132]	cc 35,6 [133]
Air atmosphérique.........	55,6	55,0	56,1
Après l'exposition :	90,3	93,3	91,7
L'acide carbonique absorbé...	65,6	69,1	73,8
» retrouvé...	24,7	24,2	17,9
» ajouté.....	34,7	38,3	35.6
» décomposé.	10,0	14,1	17,7

L'endroit a décomposé plus de gaz acide carbonique que l'envers de la feuille, une demi-fois de plus. La différence a été moins forte que dans l'expérience du 14 août : est-ce parce que les feuilles cueillies le 22 étaient plus jeunes, ou bien est-ce parce qu'au lieu d'avoir été exposées au soleil, elles avaient été placées à l'ombre?

La somme des volumes d'acide carbonique décomposés par chacun des côtés fonctionnant séparément a dépassé le volume d'acide décomposé par les deux côtés de la feuille C.

En sept heures, à l'ombre, la feuille C, dont les deux faces du limbe présentaient une superficie de 50 centi-

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[131] Acide carbonique.......	46,5	17,35	603,3	34,70
CO^2 + air.............	102,3	17,2	713,2	90,32
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé....	79,4	18,4	670,7	65,65
[132] Acide carbonique.......	49,2	17,35	601,3	38,32
CO^2 + air	105,3	17,2	715,5	93,26
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	83,3	18,4	672,4	69,05
[133] Acide carbonique	48,5	17,35	594,0	35,64
CO^2 + air..............	104,0	17,2	712,4	91,71
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	87,9	18,4	681,1	73,80

mètres carrés, a transformé en gaz oxygène $17^{cc},7$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},051$ par centimètre carré en une heure.

EXPÉRIENCE DU 22 AOUT 1866.

Laurier-rose.—Parallèlement à l'expérience précédente on en fit une autre avec des feuilles beaucoup plus âgées. La différence entre la nuance de l'endroit et celle de l'envers était peu prononcée.

Endroit, jaune-vert...	5	rabattu à $\frac{7}{10}$	de noir,
Envers, jaune-vert...	4	rabattu à $\frac{6}{10}$	de noir.

La surface simple des bandes de feuilles était 21 centimètres carrés.

Les feuilles sont restées à l'ombre depuis 11 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :	cc	cc	cc
Acide carbonique...........	36,4 (134)	36,4 (135)	36,7 (136)
Air atmosphérique.........	53,2	56,2	52,3
Après l'exposition :	89,7	92,6	99,0
L'acide carbonique absorbé..	64,6	67,7	78,5
» retrouvé...	25,1	25,3	20,5
» ajouté.....	36,4	36,4	36,7
» décomposé .	11,3	11,1	16,2

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(134) Acide carbonique.......	48,0	17,0	612,5	36,42
CO^2 + air...............	102,1	18,8	713,4	89,67
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	78,1	18,6	671,7	64,63

Voir les Notes (135) et (136) page 370.

L'endroit n'a pas décomposé plus d'acide carbonique que l'envers de la feuille, mais la somme des volumes du gaz décomposé par chacun des côtés isolés a été supérieure au volume d'acide décomposé par les deux côtés fonctionnant simultanément. A l'ombre en sept heures, l'acide décomposé par la feuille C, d'une superficie totale de 42 centimètres carrés, avait un volume de 16 centimètres cubes, soit $0^{cc},055$ par centimètre carré en une heure.

On aura pu remarquer que le côté supérieur et le côté inférieur de ces anciennes feuilles présentaient chacun à peu près la même nuance de vert.

Expérience du 14 septembre 1866.

Laurier-rose. — On détacha d'une branche trois feuilles adultes et semblables A, B, C, ayant chacune une surface simple de 31 centimètres carrés, c'est-à-dire une superficie totale de 62 centimètres carrés.

Sur l'endroit de A on colla un papier noirci; on en fit autant sur l'envers de B. C devait recevoir la lumière sur ses deux faces.

La différence de nuance sur l'envers et l'endroit d'une feuille de laurier-rose était très-prononcée. En faisant usage des cercles chromatiques de M. Chevreul, j'ai trouvé :

Envers, jaune-vert...	2	rabattu à $\frac{4}{10}$ de noir,
Endroit, vert........		rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir.

Les feuilles ont été placées au soleil, depuis 9 heures

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(135) Acide carbonique.......	48,2	17,0	608,9	36,36
CO^2 + air..........	105,4	18,8	713,3	92,55
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	81,8	18,6	671,4	67,66
(136) Acide carbonique.......	49,8	17,0	595,5	36,73
CO^2 + air..............	111,9	18,8	719,2	99,07
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	92,8	18,6	686,3	78,46

jusqu'à 5 heures, dans des mélanges d'air et d'acide carbonique. Les trois appareils étaient enfermés dans une enceinte close par du verre dépoli.

	Feuilles.		
	A	B	C
	Envers	Endroit	Les deux
Avant l'exposition :	exposé.	exposé.	côtés exposés.
	cc	cc	cc
Acide carbonique..........	37,2 (137)	36,4 (138)	29,5 (139)
Air atmosphérique.........	54,0	52,6	53,4
Après l'exposition :	91,2	89,0	82,9
L'acide carbonique absorbé...	59,6	73,1	80,7
» retrouvé...	31,6	15,9	2,2
» ajouté.....	37,2	36,4	29,5
» décomposé.	5,6	20,5	27,3

Ainsi, en huit heures, sous l'influence d'une vive lumière en fonctionnant isolément :

	cc
La surface inférieure (l'envers) de la feuille a décomposé (gaz acide carbonique)........	5,6
La surface supérieure (l'endroit) de la feuille a décomposé (gaz acide carbonique)......	20,5
Ensemble........................	26,1

à peu près ce qu'ont décomposé l'envers et l'endroit d'une

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(137) Acide carbonique......	48,4	15,2	616,0	37,16
CO^2 + air..............	102,8	15,1	711,5	91,20
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	71,9	15,7	666,2	59,60
(138) Acide carbonique.......	49,0	15,2	596,0	36,40
CO^2 + air..............	101,6	15,1	702,5	89,00
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	86,3	15,7	680,9	73,82
(139) Acide carbonique.......	41,4	20,7	582,2	29,48
CO^2 + air..............	95,9	15,1	693,5	82,93
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	92,9	15,7	698,1	80,70

feuille de même dimension, les deux côtés du limbe agissant simultanément.

La superficie de chaque feuille étant 62 centimètres carrés, on voit que C, fonctionnant au soleil par les deux faces du limbe, a décomposé en une heure, par centimètre carré, $0^{cc},055$ de gaz acide carbonique.

EXPÉRIENCE DU 27 SEPTEMBRE 1866.

Laurier-rose. — On enleva sur la même branche trois groupes formés chacun de deux feuilles semblables.

Les deux feuilles du groupe A furent accolées par leur endroit, afin que l'envers fût exposé à la lumière.

Les deux feuilles du groupe B furent accolées par leur envers, de manière à ce que l'endroit fût exposé à la lumière.

Les deux feuilles du groupe C ont été accolées dans le sens naturel, c'est-à-dire que la surface supérieure de l'une était juxtaposée sur la surface inférieure de l'autre. Cette dernière disposition fut adoptée pour que, dans chaque groupe, il y eût une légère couche de colle d'amidon interposée entre les deux feuilles.

La teinte des deux côtés du limbe était, d'après les cercles chromatiques :

Envers, jaune-vert...	3	rabattu à $\frac{4}{10}$	de noir,
Endroit, jaune-vert...	5	rabattu à $\frac{6}{10}$	de noir.

Les trois appareils contenant les feuilles sont restés au soleil depuis 11 heures jusqu'à 5 heures de l'après-midi, dans une enceinte fermée avec du verre dépoli.

La somme des deux faces du limbe recevant la lumière était :

Groupe A..............	$41^{cq},4$
Groupe B..............	44,0
Groupe C..............	34,0

Avant l'exposition les atmosphères dans lesquelles les

feuilles étaient plongées renfermaient :

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
	cc	cc	cc
Acide carbonique	26,3 (140)	27,6 (141)	28,7 (142)
Air atmosphérique..........	63,8	57,7	57,3
Après l'exposition :	90,1	85,3	86,0
L'acide carbonique absorbé. . .	75,8	76,0	68,7
» retrouvé . . .	14,3	9,3	17,3
» ajouté.	26,3	27,6	28,7
» décomposé .	12,0	18,3	11,4

Ramenant ces résultats à ce qu'ils auraient été pour une surface commune de 44 centimètres carrés, on a, pour l'acide carbonique, décomposé en six heures :

	cc
A. Envers exposés.	12,7
B. Endroits exposés.	18,3
C. Les deux faces exposées.	14,8

On remarque que, pour les groupes A et B, il y avait eu deux surfaces de même dénomination placées à la lumière ; tandis que, pour le groupe C, une seule face supérieure (l'endroit) et une seule face inférieure (l'envers) avaient

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(140) Acide carbonique.	36,9	16,6	575,4	26,34
CO^2 + air	103,9	19,2	705,3	90,09
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé . . .	87,2	17,7	703,7	75,83
(141) Acide carbonique.	38,0	16,6	585,5	27,60
CO^2 + air..............	99,0	19,2	700,8	85,29
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé . . .	88,8	17,7	692,7	76,02
(142) Acide carbonique.	39,9	17,9	581,8	28,66
CO^2 + air............ .	99,3	19,2	701,0	86,00
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé. . .	82,0	17,7	678,2	68,72

fonctionné. Pour connaître ce qu'aurait produit une feuille unique dont chaque côté du limbe eût agi séparément, il faut prendre la moitié du produit de A et du produit de B. On trouve ainsi que la feuille, ayant une superficie de 44 centimètres carrés, a décomposé en six heures :

	Acide carbonique.
Par l'envers, surface 22 centimètres carrés...	$6^{cc},35$
Par l'endroit, surface 22 centimètres carrés...	9,15
Par les deux surfaces, 44 centimètres carrés...	15,50
Par les deux surfaces du groupe C, 44 centimètres carrés..........................	14,8

La somme des volumes d'acide carbonique décomposé par l'envers et par l'endroit d'une feuille fonctionnant isolément, a différé seulement de $0^{cc},7$ du volume d'acide carbonique décomposé par les deux côtés du limbe ayant fonctionné simultanément. En moyenne, l'acide carbonique décomposé en six heures au soleil par une surface de feuille de 44 centimètres carrés, ayant été $15^{cc},1$, on a $0^{cc},057$ pour l'acide décomposé en une heure par une surface de 1 centimètre carré.

Expérience du 1er septembre 1867.

Laurier-rose. — Dans cette observation on a enduit avec du suif le côté de la feuille que l'on voulait soustraire à l'action de l'atmosphère confinée et de la lumière. Le suif était appliqué à la température de 30 à 35 degrés ; l'adhérence était parfaite.

Deux feuilles de laurier-rose A et B de même dimension, $37^{cq},2$ sur une face du limbe, ont été exposées à l'ombre au nord d'un grand bâtiment, de 9 heures du matin à 5 heures du soir, dans des mélanges d'air et d'acide carbonique. Le ciel était d'une grande pureté. L'endroit de A et l'envers de B furent recouverts de suif.

	Feuilles.	
	A	B
	Envers exposé.	Endroit exposé.
Avant l'exposition :	cc	cc
Acide carbonique...........	29,5 [143]	27,5 [144]
Air atmosphérique...........	55,2	58,5
Après l'exposition .	84,7	86,0
L'acide carbonique absorbé....	65,2	76,0
» retrouvé....	19,5	10,0
» ajouté......	29,5	27,5
» décomposé ..	10,0	17,5

A l'ombre la face supérieure de la feuille a décomposé près d'une fois autant d'acide carbonique que la face inférieure. La superficie d'une feuille étant $74^{cq},4$, on aurait $0^{cc},046$ de gaz acide carbonique décomposé par centimètre carré, en une heure.

Expérience du 26 juillet 1866.

Laurier-cerise. — Afin que les parties exposées ou soustraites à la lumière fussent plus homogènes, une feuille d'une surface simple (un seul côté du limbe) de $102^{cq},3$, a été divisée en deux parties dans le sens de la nervure principale. Les deux moitiés étaient symétriques comme on s'en est assuré en les superposant. L'endroit du fragment A a été couvert par un papier noirci. Sur le fragment B, le papier noirci a été collé sur l'envers.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
[143] Acide carbonique	41,9	20,6	575,3	29,50
CO^2 + air..............	100,9	21,0	687,0	84,70
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	81,1	21,5	659,6	65,25
[144] Acide carbonique.......	40,0	20,6	561,9	27,50
CO^2 + air..............	104,0	21,0	676,9	86,00
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	93,7	21,5	664,7	75,97

Pour nuance de couleur on a trouvé, en comparant aux cercles chromatiques :

Envers, jaune-vert .. 1 rabattu à $\frac{3}{10}$ de noir,
Endroit, jaune-vert .. 4 rabattu à $\frac{3}{10}$ de noir.

Les fragments de feuilles ont été exposés au soleil depuis 9 heures jusqu'à 6 heures du soir, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique.

	Feuilles.	
	A	B
Avant l'exposition :	Envers exposé.	Endroit exposé.
Acide carbonique...........	cc 36,2 (145)	cc 35,7 (146)
Air.....................	56,6	54,9
Après l'exposition :	92,8	90,6
L'acide carbonique absorbé....	70,4	85,2
» retrouvé ...	22,4	5,4
» ajouté.....	36,2	35,7
» décomposé .	13,8	30,3

L'endroit a décomposé une fois et plus autant d'acide carbonique que l'envers. Considérant chaque côté du limbe comme appartenant à une feuille unique ayant une superficie totale de 102 centimètres carrés, on voit qu'en neuf heures cette feuille aurait transformé 44^{cc},1 de gaz acide carbonique en gaz oxygène, soit 0^{cc},048 par centimètre carré, en une heure.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(145) Acide carbonique.......	48,0	17,9	611,4	36,24
CO^2 + air.............	105,1	17,7	714,7	98,82
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	82,0	17,6	691,0	70,37
(146) Acide carbonique.......	47,0	17,9	615,3	35,71
CO^2 + air.............	103,2	17,7	710,9	90,66
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	98,0	17,5	702,8	85,17

EXPÉRIENCE DU 18 SEPTEMBRE 1866.

Laurier-cerise. — On a pris deux feuilles opposées sur la même branche. Chacune de ces feuilles a été divisée, comme précédemment, dans le sens de la grande nervure. Les fragments étaient assez symétriques pour les considérer égaux en surface : 62 centimètres carrés, en prenant les deux côtés du limbe.

En comparant les nuances aux cercles chromatiques on a eu :

Envers, jaune-vert... 2 rabattu à $\frac{4}{10}$ de noir,
Endroit, vert........ 0 rabattu à $\frac{5}{10}$ de noir.

La différence de teinte était très-tranchée.

Un fragment de la feuille A a été recouvert sur l'endroit de papier noirci ; l'autre fragment A′ a été recouvert sur l'envers.

Un fragment de la feuille B n'a pas reçu d'écran.

Les trois fragments ont été mis au soleil, de 8 heures à 4 heures, dans des cloches contenant des mélanges d'air et de gaz acide carbonique.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	A′ Endroit exposé.	B Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :	cc	cc	cc
Acide carbonique...........	35,8 (147)	36,7 (148)	32,6 (149)
Air atmosphérique..........	51,3	53,6	57,2
Après l'exposition :	87,1	90,3	89,8
L'acide carbonique absorbé...	58,8	74,9	85,5
» retrouvé...	28,3	15,4	4,3
» ajouté	35,8	36,7	32,6
» décomposé..	7,5	21,3	28,3

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(147) Acide carbonique	45,2	14,5	604,6	35,76
CO^2 + air............	98,0	14,2	710,5	87,09
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	71,0	15,4	665,1	58,82

Voir les Notes (148) et (149) page 378.

	Acide carbonique.
	cc
En huit heures, l'envers de la feuille A a décomposé.	7,5
» l'endroit de la feuille A' »	21,3
	28,8

à très-peu près ce qu'ont décomposé les deux côtés du limbe en fonctionnant simultanément.

La surface de la section de la feuille B avait 62 centimètres carrés; en huit heures, au soleil, elle a décomposé $28^{cc},3$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},057$ par centimètre carré en une heure.

Expérience du 2 aout 1866.

Marronnier. — Une feuille a été divisée en deux parties A et B, par une section faite suivant la nervure principale. A a été recouvert sur l'endroit, B sur l'envers.

Les deux fragments n'étaient pas symétriques : A avait une surface simple de 49 centimètres carrés; B de 42 centimètres carrés.

Endroit, jaune-vert...	5	rabattu à $\frac{7}{10}$ de noir,
Envers, jaune-vert...	3	rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir.

L'exposition au soleil, dans des mélanges d'air atmosphérique et d'acide carbonique, a duré de 9 heures à 4 heures.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(148) Acide carbonique.......	49,0	14,5	598,8	36,66
CO^2 + air..............	101,2	14,2	713,1	90,26
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	87,0	15,4	691,4	74,92
(149) Acide carbonique.......	45,2	14,5	576,7	32,57
CO^2 + air..............	103,2	14,2	695,8	89,82
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	99,1	15,4	692,9	85,53

	Feuilles A Envers exposé.	Feuilles B Endroit exposé.
Avant l'exposition :	cc	cc
Acide carbonique..........	36,3 (150)	35,8 (151)
Air.......................	53,3	52,9
Après l'exposition :	89,6	88,7
L'acide carbonique absorbé....	64,9	63,3
» retrouvé...	24,7	25,2
» ajouté.....	36,3	35,8
» décomposé..	11,6	10,6

En ramenant à une surface commune de 42 centimètres carrés :

	Acide carbonique.
	cc
En sept heures, l'envers de la feuille a décomposé..	9,9
» l'endroit » ..	10,6

Le volume de l'acide décomposé par l'endroit diffère à peine du volume décomposé par l'envers; c'est presque l'égalité. Si les deux fragments de la feuille de marronnier eussent constitué une feuille unique d'une superficie totale de 84 centimètres carrés, le gaz acide carbonique décomposé par centimètre carré, en une heure, aurait été de $0^{cc},027$.

Expérience du 11 aout 1866.

Marronnier. — Une feuille a été partagée en deux

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(150) Acide carbonique.......	47,1	15,6	619,5	36,32
CO^2 + air..............	101,0	16,4	713,9	89,63
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	77,8	16,9	673,3	64,91
(151) Acide carbonique.......	46,8	15,6	614,3	35,79
CO^2 + air..............	101,0	16,4	706,6	88,71
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	76,9	16,9	665,9	64,36

parties, A et B, suivant le sens de la nervure. Dans chacune de ces parties on a taillé une bande de 33 centimètres carrés. A a été recouvert de papier noirci sur l'endroit; B l'a été sur l'envers. Dans une autre feuille de marronnier, on a coupé, parallèlement à la nervure principale, une bande de 33 centimètres carrés; chaque côté est resté à découvert.

Pour nuances, les comparaisons avec les cercles chromatiques ont donné :

Endroit, jaune-vert... 3 rabattu à $\frac{7}{10}$ de noir,
Envers, jaune-vert... 1 rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir.

Les feuilles ont été exposées au soleil dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique, de midi à 6 heures; ciel nuageux, orage.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique..........	cc 36,9 (152)	cc 36,7 (153)	cc 36,3 (154)
Air......................	53,0	57,1	54,5
	89,9	93,8	66,8
Après l'exposition :			
L'acide carbonique absorbé...	65,0	68,1	66,8
» retrouvé...	24,9	25,7	24,0
» ajouté......	36,9	36,7	36,3
» décomposé..	12,0	11,0	12,3

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(152) Acide carbonique.......	cc 48,0	o 16,15	mm 618,9	cc 36,91
CO^2 + air.............	100,8	15,0	714,9	89,89
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	77,5	15,2	673,1	65,02
(153) Acide carbonique.......	48,0	16,15	614,7	36,66
CO^2 + air.............	104,9	15,0	716,3	93,72
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	81,0	15,2	674,3	68,08

Voir la Note (154) page 381.

Le volume du gaz acide carbonique décomposé a été sensiblement le même pour les trois cas. Les feuilles dont l'envers ou l'endroit recevait isolément les rayons solaires n'ont pas transformé moins d'acide carbonique en gaz oxygène que la feuille, dont les deux côtés étaient frappés simultanément par la lumière.

La feuille C, aux deux faces libres, d'une superficie totale de 66 centimètres carrés, a décomposé en six heures $12^{cc},3$ de gaz acide carbonique : $0^{cc},032$ par centimètre carré, en une heure.

Expérience du 18 septembre 1866.

Marronnier. — Trois feuilles entières, A, B, C, détachées du même pétiole, ont été exposées à l'ombre, de 9 heures à 4 heures, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique.

On avait collé du papier noirci sur l'endroit de A et sur l'envers de B. C devait recevoir la lumière sur les deux faces du limbe. L'exposition avait lieu à l'ombre parce que l'on craignait que, dans l'expérience précédente, en raison de leur faible épaisseur, les feuilles de marronnier n'eussent souffert de la trop forte insolation, particulièrement la feuille C, qu'un papier enduit de colle d'amidon ne protégeait pas contre une trop rapide dessiccation. On a vu, en effet, dans une section de ce travail, que les feuilles perdent progressivement leur faculté décomposante à mesure que leur eau constitutionnelle est dissipée.

En comparant aux cercles chromatiques, on a reconnu pour les nuances :

Envers, jaune-vert... 1 rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir,
Endroit, jaune-vert.. 3 rabattu à $\frac{7}{10}$ de noir.

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(154) Acide carbonique.......	48,8	16,15	599,0	36,32
CO^2 + air.............	102,5	15,0	710,7	90,86
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	80,5	15,2	665,6	66,79

La surface d'un seul côté du limbe était sur les trois feuilles : 27cq,1.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique...........	cc 37,1 (155)	cc 36,0 (156)	cc 37,6 (157)
Air atmosphérique..........	51,7	56,5	56,2
Après l'exposition :	88,8	92,5	93,8
L'acide carbonique absorbé...	53,8	59,0	62,7
» retrouvé...	35,0	33,5	31,1
» ajouté.....	37,1	36,0	37,6
» décomposé..	2,1	2,5	6,5

L'endroit et l'envers de la feuille ont décomposé chacun, à très-peu près, la même quantité de gaz acide carbonique, comme cela était arrivé le 2 et le 11 août, alors que la lumière intervenait directement, avec cette différence toute naturelle que le volume d'acide carbonique transformé en gaz oxygène a été moindre à l'ombre qu'au soleil. Mais le résultat du 11 août diffère essentiellement du résultat du 18 septembre, en ce que dans le premier cas, si le volume de l'acide décomposé par les deux côtés d'une même feuille de marronnier agissant simultanément a été le même que

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(155) Acide carbonique.......	48,0	15,2	620,2	37,11
CO^2 + air..............	100,0	15,0	714,4	88,80
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé....	65,3	14,5	660,0	53,85
(156) Acide carbonique.......	47,05	15,2	613,6	36,00
CO^2 + air.......	104,0	15,0	715,7	92,52
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	71,0	14,5	665,1	59,00
(157) Acide carbonique.......	51,9	15,2	581,2	37,61
CO^2 + air..............	107,3	15,0	703,5	93,83
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé..	74,4	14,5	674,4	62,69

les volumes d'acide décomposés par l'envers et par l'endroit de la même feuille agissant chacun isolément, il n'en a pas été ainsi dans le second cas. Dans l'observation du 18 septembre, le volume de gaz acide carbonique transformé à l'ombre sous l'influence de la feuille entière a été supérieur à la somme des volumes de l'acide carbonique transformés par l'envers et par l'endroit de la feuille ayant agi séparément. L'uniformité des volumes constatée dans l'expérience faite au soleil est-elle due à ce que la feuille dont les deux faces étaient libres aurait éprouvé une dessiccation qui aurait paralysé sa faculté décomposante? Ou bien la lumière directe du soleil que recevait une des faces du limbe avait-elle eu assez d'intensité pour, en pénétrant dans le parenchyme, atteindre la face opposée?

Le 18 septembre, en sept heures, la feuille de marronnier exposée librement à l'ombre a décomposé $6^{cc},5$ de gaz acide carbonique; sa superficie totale étant $54^{cq},2$, on a pour la décomposition opérée en une heure, par 1 centimètre carré de feuille, $0^{cc},017$.

On vient de voir que pour les feuilles de marronnier, bien moins épaisses que celles de laurier, la différence entre le volume d'acide carbonique décomposé par l'endroit et par l'envers n'est plus aussi prononcée. Ce fait s'est reproduit dans d'autres observations.

Expérience du 25 septembre 1866.

Platane. — On a coupé dans une grande feuille de platane plusieurs bandes à la même distance de la grande nervure.

Aux cercles chromatiques on a eu pour les nuances des deux côtés du limbe :

Envers, jaune-vert....	3	rabattu à $\frac{4}{10}$ de noir,
Endroit, vert.........	0	rabattu à $\frac{5}{10}$ de noir.

Deux bandes de feuille A ont été accolées par leur en-

droit; deux autres bandes B l'ont été par leur envers; deux bandes C ont été assemblées de telle manière qu'un envers et qu'un endroit reçussent la lumière.

Les trois groupes, placés dans des mélanges d'air atmosphérique et d'acide carbonique, ont été exposés derrière un écran depuis 10 heures jusqu'à 4.

La surface simple, d'un seul côté du limbre, était, pour les trois groupes, 47 centimètres carrés.

	Feuilles. A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique	cc 23,7 (158)	cc 32,4 (159)	cc 27,6 (160)
Air	62,9	51,4	56,1
	86,6	83,8	84,7
Après l'exposition :			
Acide carbonique absorbé....	82,1	75,2	79,5
» retrouvé....	4,5	8,6	5,2
» ajouté......	23,7	32,4	28,6
» décomposé..	19,2	23,8	23,4

Les volumes de l'acide carbonique décomposé par les groupes A et B, se rapportent à des surfaces doubles de celle d'une feuille normale; après la réduction l'on a pour l'acide décomposé en huit heures :

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(158) Acide carbonique	cc 33,5	° 17,0	mm 571,4	cc 23,71
CO^2 + air...............	99,0	16,6	705,3	86,61
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	94,1	16,8	703,6	82,07
(159) Acide carbonique	44,3	17,0	589,9	32,37
CO^2 + air..	96,5	16,6	700,3	83,83
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	87,8	16,8	691,2	75,23
(160) Acide carbonique.......	40,1	17,0	575,4	28,58
CO^2 + air..............	97,3	16,6	701,4	84,66
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé ...	91,7	16,8	699,6	79,53

Par l'envers..........	$9^{cc},6$	$21^{cc},5$
Par l'endroit............	$11,9$	
Par les deux côtés (C)....	$23,4$	

L'endroit de la feuille aurait donc décomposé un peu plus d'acide que l'envers. La somme des volumes de l'acide carbonique décomposé par les deux faces du limbe, en fonctionnant séparément, a été $21^{cc},5$, volumes différant de près de 2 centimètres cubes, en moins, de celui résultant de la décomposition opérée par les deux faces du limbe ayant fonctionné simultanément dans le même milieu gazeux.

La presque égalité des volumes de l'acide transformé par les côtés opposés du limbe, on l'a déjà constatée pour la feuille de marronnier au soleil dans l'expérience des 2 et 11 août, et à l'ombre dans l'expérience du 18 septembre, et dans cette même expérience du 18 septembre, la somme des volumes de l'acide décomposé représente aussi le volume d'acide décomposé par les deux côtés de la feuille.

La feuille de platane C d'une superficie totale de 94 centimètres carrés, a transformé en oxygène, en six heures, derrière un écran, par conséquent à l'ombre, $23^{cc},4$ de gaz acide carbonique : soit pour 1 centimètre carré en une heure, $0^{cc},042$.

Expérience du 18 septembre 1866.

Framboisier. — Il devenait intéressant de rechercher comment se comporteraient à la lumière, dans un mélange d'air et d'acide carbonique, des feuilles très-minces dont les deux faces auraient des teintes très-différentes. J'ai choisi d'abord la feuille du framboisier : l'endroit, d'après les cercles chromatiques, était jaune-vert rabattu à $\frac{4}{10}$ de noir ; quant à l'envers, il est d'un jaune-vert extrêmement pâle ; à la loupe on reconnaît qu'il est recouvert d'un léger duvet cotonneux presque blanc. Les nervures en

saillie qui ne portent pas ce duvet ont une nuance fort approchant de jaune 3 non rabattu.

Trois feuilles ayant chacune une surface de 25 centimètres carrés pour la superficie mesurée sur un seul côté du limbe, soit 50 centimètres carrés pour la superficie totale, ont été exposées à la lumière diffuse depuis huit heures du matin jusqu'à quatre heures de l'après midi. Sur la feuille A l'endroit était séquestré; sur l'autre feuille B l'envers; la feuille C avait les deux faces libres.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique..........	cc 26,9 (161)	cc 24,8 (162)	cc 26,5 (163)
Air atmosphérique..........	57,5	64,2	56,0
Après l'exposition :	84,4	89,0	82,5
L'acide carbonique absorbé...	60,5	69,5	62,0
» retrouvé..	23,9	19,5	20,5
» ajouté....	26,9	24,8	26,5
» décomposé.	3,0	5,3	6,0

L'endroit de la feuille a décomposé près d'une fois autant d'acide carbonique que l'envers; et le volume d'acide décomposé par les deux côtés de la feuille ayant fonctionné

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(161) Acide carbonique........	37,0	15,1	582,2	26,86
CO^2 + air............	96,5	15,3	702,0	84,41
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	73,0	15,1	665,2	60,55
(162) Acide carbonique......	34,9	15,1	569,3	24,77
CO^2 + air............	101,1	15,3	706,2	88,97
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	82,35	15,1	677,2	69,54
(163) Acide carbonique......	37,0	15,1	575,2	26,54
CO^2 + air............	94,8	15,3	698,2	82,47
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	74,7	15,1	666,1	62,04

chacun séparément est plus fort de 2 centimètres cubes que le volume décomposé par les faces du limbe fonctionnant simultanément.

Le gaz acide carbonique décomposé par la feuille C en huit heures a été de 6 centimètres cubes; la surface totale étant 50 centimètres carrés, on a, pour une heure, $0^{cc},015$ par centimètre carré. Le ciel était couvert; il a plu pendant l'exposition.

Expérience du 24 septembre 1866.

Framboisier. — Dans cette observation, deux feuilles ont été accolées : le groupe A par l'endroit, le groupe B par l'envers; dans le groupe C les deux feuilles ont été réunies en collant l'envers de l'une contre l'endroit de l'autre, de manière à ce que chaque côté différent fût atteint par la lumière.

Les surfaces simples (une seule face de la feuille) étaient pour chaque groupe :

	cq
A	37,4
B	37,8
C	33,5

Les feuilles furent placées à l'ombre, de midi à cinq heures, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :	cc	cc	cc
Acide carbonique absorbé....	27,2 (164)	23,7 (165)	31,4 (166)
Air atmosphérique	51,9	70,1	51,3
Après l'exposition :	79,1	93,8	82,7
L'acide carbonique absorbé...	59,2	84,2	56,6
» retrouvé ..	19,9	9,6	26,1
» ajouté	27,2	23,7	31,4
» décomposé.	7,3	14,1	5,3

Voir les Notes (164), (165) et (166) page 388.

Ramenant ces volumes à une surface commune de $37^{cq}4$,

	Acide carbonique.
	cc
Le groupe A aurait décomposé. . . .	7,3
» B »	14,0
» C »	5,9

Les groupes A et B ayant des surfaces doubles de même dénomination, il faut prendre la moitié du volume d'acide décomposé pour avoir le résultat correspondant à une seule surface de la feuille de framboisier; on a ainsi :

Acide carbonique décomposé en cinq heures :

	cc
Par l'envers d'une feuille	3,6
Par l'endroit d'une feuille	7,0
Par les deux côtés d'une même feuille	5,9

Comme dans l'observation du 17, l'endroit a décomposé à peu près une fois autant d'acide carbonique que l'envers, et la somme des volumes du gaz acide décomposé par les deux surfaces différentes agissant chacune séparément a été supérieure au volume décomposé par les mêmes surfaces fonctionnant simultanément.

La feuille de framboisier C, ayant une superficie totale de 67 centimètres carrés, a décomposé, à l'ombre, en cinq

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(164) Acide carbonique.	37,0	17,0	592,5	27,16
CO^2 + air.	91,8	16,8	694,8	79,06
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé. . .	72,0	17,5	665,0	59,21
(165) Acide carbonique.	33,0	17,0	580,7	23,74
CO^2 + air.	105,9	16,8	714,5	93,79
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé. . .	96,7	17,5	703,8	84,16
(166) Acide carbonique.	43,5	17,0	582,7	31,40
CO^2 + air.	96,4	16,8	692,3	82,73
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé. . .	70,7	17,5	647,2	56,58

heures 5^{cc}, 3 de gaz acide carbonique : 0^{cc},016 par centimètre carré en une heure. L'expérience précédente avait donné 0^{cc},015.

Expérience du 27 septembre 1866.

Populus alba.—Il est peu de feuilles offrant un contraste aussi prononcé dans la couleur de leurs surfaces opposées que celles du *Populus alba*. On a dit qu'elles sont noires en dessus et revêtues d'un duvet blanc éclatant en dessous ; il y a là de l'exagération. En m'aidant des cercles chromatiques de M. Chevreul, je trouve que l'on doit exprimer la nuance de la face supérieure, de l'endroit, par jaune-vert 5 rabattu à $\frac{5}{10}$ de noir. Quant à la face inférieure, l'envers, elle est blanche. Ses nervures peu saillantes sont recouvertes, comme le parenchyme, d'un enduit cotonneux doux au toucher, très-adhérent, formant une couche assez épaisse, assez uniforme pour ne laisser voir aucune partie colorée en vert. J'ajouterai que cet enduit cotonneux constitue, en quelque sorte, la masse de la feuille. En mesurant avec précision une section faite sur plusieurs feuilles superposées, j'ai trouvé, en moyenne, pour épaisseur :

	mm
Près de la nervure principale..	0,437
Au bord du limbe	0,312
Parenchyme vert.	0,008 à 0,010

A, deux feuilles de *Populus alba* ont été accolées par leur endroit.

B, deux autres feuilles ont été accolées par leur envers.

C, deux feuilles ont été accolées de telle sorte que l'endroit de l'une adhérait à l'envers de l'autre.

La surface d'un seul côté du limbe était :

	cq
Groupe A.	25,0
» B.	35,4
» C.	29,0

Les feuilles ont été exposées, à l'ombre d'un écran, de

9 heures à 5 heures, dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique.

	Feuilles.		
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.	C Les deux côtés exposés.
Avant l'exposition :			
Acide carbonique...........	cc 30,3 (167)	cc 25,2 (168)	cc 31,2 (169)
Air atmosphérique..........	60,7	62,2	58,9
Après l'exposition :	91,0	87,4	90,1
L'acide carbonique absorbé...	62,4	77,0	65,4
» retrouvé..	28,6	10,4	24,7
» ajouté....	30,3	25,2	31,2
» décomposé.	1,7	14,8	6,5

Ramenant ces résultats à ceux qu'eût donnés une surface simple de feuille de 29 centimètres carrés :

	Acide carbonique.
Le groupe A aurait décomposé.....	cc 2,0
» B »	12,1
» C »	6,5

Prenant la moitié des volumes de l'acide décomposé par A et par B, qui présentaient à la lumière deux envers

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
(167) Acide carbonique.......	cc 43,1	o 17,0	mm 567,7	cc 30,31
CO^2 + air..............	106,2	17,3	692,8	91,05
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	78,8	19,1	643,8	62,39
(168) Acide carbonique.......	34,3	16,6	593,0	25,23
CO^2 + air..............	99,8	17,3	708,0	87,44
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	89,9	19,1	696,1	76,96
(169) Acide carbonique.......	41,8	16,6	601,5	31,19
CO^2 + air..............	102,8	17,3	708,0	90,06
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	79,1	19,1	672,3	65,40

et deux endroits, on a pour le gaz acide carbonique décomposé en huit heures :

Par l'envers de la feuille ayant une surface de 29 centimètres carrés.	cc 1,0
Par l'endroit d'une feuille semblable.	6,0
Par les deux côtés d'une même feuille présentant une surface de 58 centimètres carrés.	6,5

La face supérieure a décomposé six fois autant d'acide carbonique que la face inférieure; et la somme des volumes de l'acide décomposé par les deux surfaces différentes fonctionnant séparément a été, à un demi-centimètre cube près, égale au volume décomposé par les mêmes surfaces agissant simultanément.

Au mois d'août, le 7, on avait obtenu un résultat analogue : une feuille de *Populus alba* dont la surface d'un côté du limbe avait 27 centimètres carrés, la surface blanche cotonneuse étant recouverte de papier noirci et exposée au soleil dans une cloche en verre dépoli, a décomposé, en huit heures (de 9 heures à 5 heures), par son endroit, 9 centimètres cubes de gaz acide carbonique. Une autre feuille de même dimension, non recouverte, en a décomposé $9^{cc},4$.

La feuille C, ayant agi par ses deux côtés, a décomposé, à l'ombre, en huit heures, $6^{cc},5$ de gaz acide carbonique, sa superficie totale étant de 58 centimètres carrés : c'est $0^{cc},014$ par centimètre carré en une heure.

Dans l'expérience mentionnée à la date du 7 août, au soleil, la feuille de *Populus alba*, avec une superficie totale de 54 centimètres carrés, a décomposé en huit heures au soleil, $9^{cc},4$ d'acide carbonique : $0^{cc},022$ par centimètre carré en une heure.

Il n'est pas étonnant que les deux côtés d'une feuille de peuplier blanc ne décomposent pas sensiblement plus de gaz acide carbonique que l'endroit seul de la même feuille;

c'est après tout la seule face qui fonctionne, la face opposée, l'envers, étant recouverte d'un enduit cotonneux assez épais pour atténuer, comme le ferait un écran, l'action de la lumière.

Expérience du 1er octobre 1866.

Pêcher. — Les deux côtés du limbe présentaient à peu près la même teinte :

Envers, jaune-vert... 3 rabattu à $\frac{5}{10}$ de noir,
Endroit, jaune-vert... 3 rabattu à $\frac{6}{10}$ de noir.

Deux feuilles, ayant chacune une surface simple de 27 centimètres carrés, ont été exposées de 10 heures à 5 heures dans des mélanges d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique. Les appareils étaient au soleil, derrière un écran de verre dépoli.

L'une des feuilles, A, était recouverte sur son endroit ; l'autre, B, l'était sur son envers :

	Feuilles.	
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.
Avant l'exposition :		
Acide carbonique...........	cc 28,2 (170)	cc 29,1 (171)
Air atmosphérique..........	52,3	57,3
Après l'exposition :	80,5	86,4
L'acide carbonique absorbé....	58,9	63,9
» retrouvé...	21,6	22,5
» ajouté....	28,2	29,1
» décomposé.	6,6	6,6

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(170) Acide carbonique.......	38,9	18,0	587,0	28,19
CO^2 + air..............	94,5	19,0	692,2	80,47
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	69,3	20,4	649,7	58,94
(171) Acide carbonique.......	40,05	17,9	589,6	29,12
CO^2 + air..............	99,6	19,0	705,7	86,42
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	77,8	20,4	670,5	63,87

L'endroit de la feuille de pêcher n'a pas décomposé plus de gaz acide carbonique que l'envers : $0^{cc},018$ par centimètre carré en une heure en prenant $6^{cc},6$ pour l'acide transformé en sept heures par une surface totale de 54 centimètres carrés.

Pour les feuilles du framboisier et du peuplier, dont la face inférieure est couverte d'un enduit cotonneux presque blanc, la lumière n'agit efficacement qu'en frappant la face supérieure ; mais, pour le pêcher comme pour le marronnier et le platane, il importe peu qu'elle tombe sur l'une ou l'autre face. Avec des feuilles plus épaisses on reconnaît nettement que la face supérieure, quand elle est éclairée, décompose bien plus d'acide carbonique que la face inférieure, possédant d'ailleurs une couleur verte moins foncée; aussi un écran accolé sur cette surface en atténue-t-il singulièrement la fonction : c'est que les deux côtés du limbe se comportent avec d'autant plus d'indépendance que la distance qui les sépare est plus grande. Voici quelques mesures qui permettront de se faire une idée des différences d'épaisseur que présente le parenchyme. On avait séparé du limbe non-seulement la principale nervure, prolongement du pétiole, mais aussi des nervures secondaires apparaissant en saillie sur la face inférieure :

Feuilles.	Epaisseur.
	mm
Laurier-cerise...........	0,55
Laurier-rose..........	0,38
Framboisier............	0,23
Platane.................	0,16
Pêcher.................	0,15
Populus alba..........	0,09
Marronnier.............	0,06

On juge assez bien de l'épaisseur d'une feuille par sa perméabilité pour la lumière, en la plaçant au soleil sur un papier albuminé sensibilisé, puis fixant ensuite l'image

produite par les procédés de la photographie. La teinte plus ou moins foncée développée sous le limbe est l'indice de la facilité ou de l'obstacle que les rayons lumineux ont éprouvé pour le traverser, et, comme terme de comparaison, on a la coloration acquise par le papier que la feuille ne couvrait pas. Ainsi, la lumière ne pénètre pas l'enduit cotonneux blanc adhérant à la face inférieure d'une feuille de *Populus alba;* seules, les nervures secondaires les moins épaisses sont traversées et admirablement reproduites sur l'image. Il suffit aussi de comparer le ton des images laissées par le laurier-cerise pour constater les difficultés que les rayons ont rencontrées; les nervures sont accentuées sur le dessin, mais le parenchyme s'est comporté comme l'aurait fait un écran opaque. L'empreinte laissée par les feuilles de marronnier prouve au contraire que la lumière les a traversées presque aussi facilement que si elles eussent été transparentes; on remarque cependant que le papier placé sous les nervures est beaucoup plus fortement impressionné que celui situé sous le limbe, ce qui tient probablement à ce que les rayons du spectre, capables d'agir sur l'iodure d'argent, ne pénètrent que difficilement les milieux jaune-bleu, ainsi que Drapper l'a reconnu depuis longtemps (172).

Expérience du 7 septembre 1867.

Maïs. — On a taillé, en dehors de la nervure, dans une feuille de maïs du Mexique, deux bandes A et B de 35 centimètres carrés, mesurés sur l'un des côtés du limbe. En les comparant aux cercles chromatiques, je n'ai pu trouver une différence dans la couleur de l'endroit et de l'envers : jaune-vert 3 rabattu à $\frac{1}{10}$ de noir. La feuille était peu aqueuse; la plante portait des épis près du point de maturité.

Les deux bandes sont restées à l'ombre dans des mé-

(172) Drapper, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XI, p. 214, 3e série.

langes d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique, depuis 10 heures jusqu'à 5 heures. Le ciel était découvert; la température à l'ombre n'a pas dépassé 22 degrés. A avait été recouvert de suif sur l'endroit, B sur l'envers.

	Feuilles.	
	A Envers exposé.	B Endroit exposé.
Avant l'exposition :	cc	cc
Acide carbonique	25,3 (173)	24,8 (174)
Air atmosphérique	56,1	59,3
Après l'exposition :	81,4	84,1
L'acide carbonique absorbé....	57,9	61,3
» retrouvé....	23,5	22,8
» ajouté......	25,3	24,8
» décomposé..	1,8	2,0

Chaque côté de la feuille a décomposé, à très-peu près, le même volume de gaz acide carbonique. Si l'on considère comme appartenant à une feuille unique les deux surfaces A et B, dont la surface serait alors 70 centimètres carrés, il y aurait eu $3^{cc},8$ d'acide transformé en sept heures, à l'ombre, soit $0^{cc},008$ par centimètre carré en une heure.

EXPÉRIENCE DU 8 SEPTEMBRE 1867.

Maïs. — La faible quantité de gaz acide carbonique décomposé à l'ombre par les faces opposées de la feuille de maïs m'a décidé à faire une seconde observation, en expo-

---

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
(173) Acide carbonique.......	36,0	21,5	575,2	25,26
CO^2 + air..............	96,0	21,3	694,0	81,32
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	71,8	20,6	658,2	57,94
(174) Acide carbonique.......	35,9	21,3	566,7	24,80
CO^2 + air..............	99,0	21,3	696,0	84,11
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	75,8	20,6	660,5	61,26

sant à la lumière du soleil affaiblie par un verre dépoli une bande de feuille ayant les deux côtés libres. La superficie totale était 70 centimètres carrés. L'exposition a eu lieu depuis 11 heures jusqu'à 5 heures dans un mélange d'air et d'acide carbonique.

Avant l'exposition :	
Acide carbonique................	34,1 cc (175)
Air atmosphérique..............	56,5
Après l'exposition :	90,6
L'acide carbonique absorbé.......	66,9
» retrouvé.......	23,7
» ajouté.......	34,1
» décomposé.....	10,4

Par centimètre carré, en une heure, $0^{cc},025$.

Au soleil, la feuille a décomposé trois fois autant d'acide carbonique qu'elle en avait décomposé à l'ombre dans l'observation du 7 septembre.

J'ai réuni dans un tableau l'ensemble des résultats :

---

(175)

	Volume.	Tempér.	Pression.	Réduit.
	cc	o	mm	cc
Acide carbonique.......	48,5	22,0	578,1	34,14
CO^2 + air..............	104,7	20,1	706,3	90,64
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	84,0	20,0	640,3	66,87

EXPÉRIENCES.		VOLUMES DE GAZ ACIDE CARBONIQUE décomposé par la feuille. Envers.	Endroit.	Les deux côtés.	LUMIÈRE.	ACIDE CARBONIQUE décomposé par 1 centimètre carré de feuille en 1 heure.
		cc	cc	cc		cc
I	Laurier-rose..	"	"	30,9	Soleil.	0,062
II	Laurier-rose..	"	"	15,0	Ombre.	0,025
III	Laurier-rose..	10,6	20,9	22,7	Soleil.	0,056
IV	Laurier-rose..	10,0	14,1	17,7	Ombre.	0,051
V	Laurier-rose..	11,3	11,1	16,2	Ombre.	0,055
VI	Laurier-rose..	5,6	20,5	27,3	Soleil.	0,055
VII	Laurier-rose..	6,3	9,2	14,8	Soleil.	0,057
VIII	Laurier-rose..	10,0	17,5	"	Ombre.	0,046
IX	Laurier-cerise.	13,8	30,3	"	Soleil.	0,048
X	Laurier-cerise.	7,5	21,3	28,3	Soleil.	0,057
XI	Marronnier...	9,9	10,6	"	Soleil.	0,027
XII	Marronnier...	12,0	11,0	12,3	Soleil.	0,032
XIII	Marronnier...	2,1	2,5	6,5	Ombre.	0,017
XIV	Platane.......	9,6	11,9	23,4	Soleil.	0,042
XV	Framboisier...	3,0	5,3	6,0	Ombre.	0,015
XVI	Framboisier..	3,6	7,0	5,6	Ombre.	0,016
XVII	Populus alba.	1,0	6,0	6,9	Ombre.	0,014
XVII *bis*	Populus alba.	"	9,0	9,4	Soleil.	0,022
XVIII	Pêcher.......	6,6	6,6	"	Soleil.	0,018
XIX	Maïs.........	1,8	2,0	"	Ombre.	0,008
XX	Maïs........	"	"	10,4	Soleil.	0,025

En résumé, on voit que la face supérieure, l'endroit des feuilles épaisses, rigides des lauriers, a décomposé plus de gaz acide carbonique que la face inférieure, l'envers. Au soleil, la plus grande différence a été dans le rapport de 4 : 1 ; la plus faible :: $1\frac{1}{2}$: 1. Le rapport moyen serait celui de 102 : 44. A l'ombre, la différence n'a pas dépassé 2 : 1. Il y a eu égalité dans l'expérience V ; les trois observations faites à la lumière diffuse donneraient en moyenne et approximativement le rapport 4 : 3.

Pour les feuilles de laurier, soit au soleil, soit à l'ombre, dans la moitié des observations, la somme des volumes

du gaz acide carbonique décomposé par chacune des faces du limbe, agissant séparément, a excédé le volume de l'acide carbonique décomposé par les deux faces du limbe fonctionnant simultanément; dans l'autre moitié, la somme des volumes d'acide décomposé séparément par chacun des côtés de feuilles placées dans des appareils distincts a été égale au volume d'acide décomposé par les deux côtés d'une seule et même feuille.

Les feuilles à parenchyme très-mince, mais dont l'endroit et l'envers ont des teintes de nuance tellement tranchées, que l'on peut dire que le limbe n'est coloré en vert que sur sa face supérieure, ont offert des résultats analogues à ceux fournis par les feuilles plus épaisses. Ainsi, le volume d'acide carbonique décomposé par l'endroit et par l'envers de la feuille du framboisier, a été :: 2 : 1. Pour la feuille du *Populus alba*, on trouve le rapport 6 : 1, ce qui n'a pas lieu de surprendre, puisque, à cause de l'enduit cotonneux blanc dont elle est revêtue, la partie inférieure est en quelque sorte à l'abri de la lumière. On remarquera que, pour le framboisier de même que pour les lauriers, la somme des volumes du gaz acide décomposé séparément par la face supérieure et par la face inférieure a excédé de beaucoup le volume d'acide que les deux faces ont décomposé quand elles appartenaient à une feuille unique.

Les feuilles à parenchyme très-mince, celles du platane, du marronnier, du pêcher, n'ont pas réduit sensiblement plus d'acide carbonique par leurs parties snpérieures que par leur partie inférieure. C'est surtout vrai pour les feuilles de maïs dont la structure anatomique, la nuance, sont les mêmes sur les deux côtés du limbe.

Il ressort de l'ensemble de ces faits que, sous l'influence de la lumière, la face supérieure des feuilles agit sur le gaz acide carbonique avec plus d'énergie que la face inférieure. Comme la face supérieure des feuilles du laurier-rose, du laurier-cerise, du marronnier, du *Populus*

alba, du pêcher, est à peu près dépourvue de stomates, il y aurait lieu d'en être surpris, s'il n'était établi depuis longtemps que les plantes aquatiques, les cactus, l'épiderme des fruits verts et charnus, bien que privés de ces organes, réduisent néanmoins l'acide carbonique ([176]). Mais, sans assigner à ces ouvertures pratiquées dans le tissu épidermique la fonction d'absorber l'acide carbonique ou celle d'éliminer du parenchyme l'oxygène fourni par ce gaz, on pouvait croire que, dans les feuilles où elles existaient, elles concourraient pour une certaine part à l'accomplissement du phénomène de l'assimilation du carbone. Il ne semble pas cependant qu'il en soit ainsi. Dans l'expérience VIII, je ne me suis pas borné, ainsi que je l'ai fait généralement, à coller une bande de papier noir sur la face inférieure de la feuille de laurier-rose exposée pendant huit heures à la lumière dans un mélange d'air atmosphérique et de gaz acide carbonique; j'ai enduit cette surface avec du suif, de manière à en boucher, à en obstruer tous les stomates; or, on a vu que, malgré cette disposition, la partie supérieure de la même feuille a fonctionné avec autant d'activité que si les stomates fussent restés ouverts.

Ainsi, chacune des deux faces du limbe d'une feuille, bien qu'avec une énergie différente, concourt à la fixation du carbone dans l'organisme végétal, ou, comme je l'ai dit en commençant, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène résultant de la décomposition simultanée de l'acide carbonique et de l'eau : CO^2HO donnant lieu à une émission d'oxygène O^2 et à CO, H exprimant la composition brute du glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$, qui, en fixant ou abandonnant les éléments de l'eau, peut donner naissance à ces corps que l'on s'est cru autorisé à désigner sous le nom d'*hydrates de carbone*, tels que le sucre, l'amidon, les ligneux, et que, par

---

([176]) De Candole, *Physiologie*, p. 143; Paris, 1843.

le fait, une feuille élabore aussitôt qu'elle est frappée par un rayon de lumière.

L'idée de considérer la production du glucose et de ses congénères comme l'acte principal des organes aériens des plantes a contre elle l'abondance des matières sucrées dans les tiges, les racines, et surtout le développement des mêmes matières pendant la germination, alors que l'appareil foliacé n'est pas encore constitué. Mais la germination se borne à transformer l'amidon en glucose, en sucre, en cellulose; elle n'apporte aucun élément combustible; tout au contraire, l'embryon, pour se nourrir, brûle ceux qui préexistent dans la graine.

Si l'on envisage la vie végétale dans son ensemble, on est convaincu que la feuille est la première étape des glucoses que, plus ou moins modifiés, on trouve répartis dans les diverses parties de l'organisme; que c'est la feuille qui les élabore aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau. Dans le maïs, le froment, etc., l'accumulation des principes sucrés a lieu dans la tige jusqu'à l'époque de la floraison; puis tout ce qui a été accumulé disparaît pour concourir à la formation de la graine. Dans la betterave, le réceptacle, c'est la partie charnue de la racine. Mais quand il n'y a ni tige ni racine, où se dépose, où se rassemble la matière sucrée élaborée par la feuille? Dans la feuille elle-même, qui prend alors une extension considérable. L'exemple le plus frappant que je puisse présenter est l'agave américain, le maguey, la *vigne* des Mexicains, dont la culture s'étendait, du temps de Montézuma, aussi loin que la langue aztèque. Les feuilles de l'agave partent toutes du collet de la racine; elles atteignent jusqu'à 2 mètres de longueur, 20 centimètres de largeur, et jusqu'à 1 décimètre d'épaisseur au point d'attache. Pendant quinze à vingt ans, ces feuilles élaborent et accumulent du glucose jusqu'au moment où la hampe, qui portera les fleurs et les fruits, commence son évolution. Alors les feuilles, am-

ples, coriaces, épineuses, après être restées pendant des années penchées vers la terre, se redressent en se rapprochant d'un bourgeon conique, comme pour le couvrir, le protéger. Il y a là un mouvement graduel très-apparent qui semble obéir à une volonté. Le bourgeon s'allonge avec une étonnante rapidité; bientôt il forme une hampe de 5 à 6 mètres. C'est le travail de la reproduction de la graine qui s'accomplit, et c'est en l'empêchant que l'Indien se procure l'ample récolte de la séve, l'*eau de miel* avec laquelle, par la fermentation, il prépare le *pulque,* sa boisson enivrante de prédilection. Un plant d'agave, dans les environs de Cholula, émet en quatre ou cinq mois près de 1 mètre cube de liquide sucré, après quoi il meurt épuisé, comme il serait mort épuisé si l'on eût laissé la hampe se développer et porter des fleurs et des fruits. Un agave rend donc en quatre mois environ 100 kilogrammes de matière saccharine que ses feuilles avaient préparée et conservée pendant des années (177). Quant à ce sucre, son origine n'est pas douteuse : il vient de l'acide carbonique et de l'eau décomposés par les feuilles.

---

(177) Boussingault, *Sur le Pulque,* Rapport fait à la Commission impériale du Mexique.

FIN DU TOME QUATRIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.


BIBLIOTHÈQUE
GENEVIÈVE

